#67

ISSN 0582—415X

LIBRARY

西水研研報
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.
(67), 1989

JAN 19
National Marine Fisheries Service
2570 Dole Street
Honolulu, Hawaii

BULLETIN
OF THE
SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

No. 67
October 1989

西海区水産研究所研究報告

第 67 号

浅海域における全水柱プランクトンの鉛直曳による定量的採集法
……森岡泰啓・中嶋純子・木元克則 1

ふるいによる生鮮微小動物プランクトンの体サイズ分画……中嶋純子・木元克則 7

長崎港近海で採集されたマイワシ卵のふ化・飼育（予報）……松岡正信・三谷卓美 15

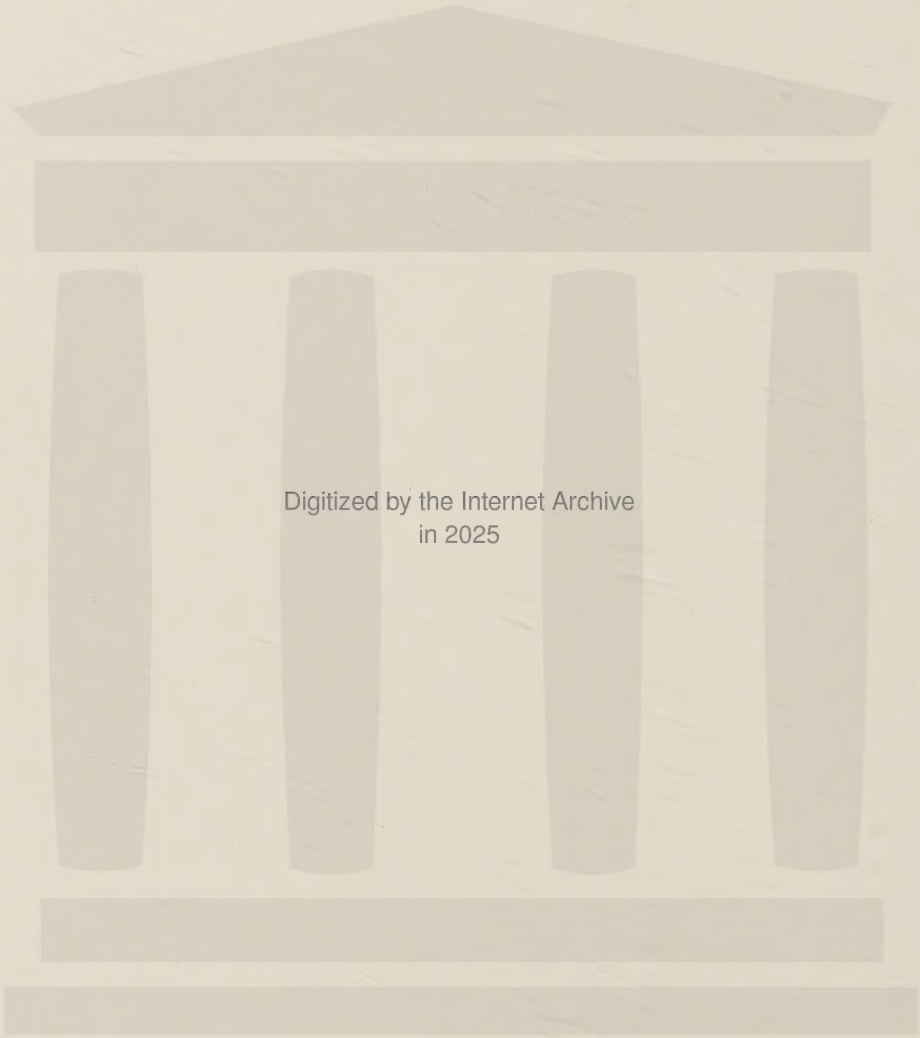
東シナ海・黄海産メイタガレイ類の比較研究—Ⅰ．
分布，形態及び遺伝的差異
……松岡正信・谷口順彦・藤田 矗・北島忠弘・時村宗春 23

対馬近海産タチウオの年齢と成長……花渕靖子 37

ヤリイカの日齢と成長について……木下貴裕 59

西海区水産研究所
長崎市国分町 49

平成元年 10 月



Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/bulletin-seikai-national-fisheries-research-institute_1989-10_67

ANNOUNCEMENT

Due to reorganization of research institutes attached to the Fisheries Agency of Japan, English name of some laboratories has been changed recently with the address remains the same.

Our institute has been changed to
Seikai National Fisheries Research Institute
(formerly Seikai Regional Fisheries Research Laboratory).
49, Kokubu-machi, Nagasaki-shi, NAGASAKI, 850 JAPAN

Other research institutes are listed as follows:

Hokkaido National Fisheries Research Institute
(formerly Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory)

Tohoku National Fisheries Research Institute
(formerly Tohoku R.F.R.L.)

National Research Institute of Fisheries Science
(formerly Tokai R.F.R.L.)

Nansei National Fisheries Research Institute
(formerly Nansei R.F.R.L.)

Japan Sea National Fisheries Research Institute
(formerly Japan Sea R.F.R.L.)

National Research Institute of Far Seas Fisheries
(formerly Far Seas F.R.L.)

National Research Institute of Aquaculture
(unchanged)

National Research Institute of Fisheries Engineering
(unchanged)

Quantitative Sampling Method for the Whole Water Column Zooplankton by Vertical Hauling in the Shallow Waters (in Japanese)

Yasuhiro MORIOKA, Junko NAKASHIMA and Katsunori KIMOTO

Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., (67), 1-6 (1989)

In order to find an adequate quantitative sampling method for zooplankton from the whole water column of small inlet with the depth of 10-20 m, plankton collections by three kinds of method of repeated vertical hauls from the bottom to the surface in day were compared, and the day-night difference in catches was also discussed. It is difficult to collect such zooplankters inhabit the near-bottom layer in day as copepods *Acartia* and *Oithona*, even if the mouth of the plankton net was set on the sea bottom before the haul. We are only able to collect one third, a quarter, or occasionally one-hundredth of the swarming population near the sea bottom in daytime. Night sampling is recommended for the quantitative sampling for the whole water column from just above the bottom to the surface in the ordinary vertical hauling.

Key words : zooplankton, sampling, vertical distribution, diurnal variations, water bodies, shallow water

Size Fractionation of Fresh Microzooplankton by Sieveing with Various Mesh Sizes (in Japanese)

Junko NAKASHIMA and Katsunori KIMOTO

Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., (67), 7-13 (1989)

A multiple sieving apparatus for the study of size fractionation of the microzooplankters fresh from the sea was devised and its performance was tested. The apparatus consisted of a stratiform tower of six sieves of vinyl chloride cylinders (29 cm in dia., 5 cm in height) with filtering gauzes of mesh opening ranging from 10-200 μm. Fifty liters of fresh sea water was poured out of a cup into the top sieve, and the filtrate is filtered in turn. Body size distributions of copepod nauplii, copepodids and tintinnids in sieves showed the specification respectively. Mean body width of copepod nauplii, copepodids and tintinnids of each fraction were closely related to the mesh size. The biomass of microzooplankton in each fraction is easily estimated from counting the number of individuals in each taxon on the basis of the information of individual body weight, and it is presumed an available method.

Key words : size distribution, body size, zooplankton, Copepoda, nauplii, Tintinnida

Hatching and Rearing Experiments on Eggs of Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus*, Collected from Adjoining Area of the Nagasaki Harbor (Preliminary Study) (in Japanese)

Masanobu MATSUOKA and Takumi MITANI

Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., (67), 15-22 (1989)

Preliminary experiments on hatching and rearing of Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, were undertaken, using wild eggs collected from adjoining area of the Nagasaki harbor. Average total hatching rates of younger (stage I) and older (stage II) eggs at 18℃ were 94.8 and 97.5%, respectively. Total hatching rate at 14℃ was almost the same as ones at 18℃. At 21℃, a group showed relatively low rate. Although total hatching rates at 7/8 and 3/4 diluted sea water were considerably high, total and viable hatching rates at 1/2 diluted sea water showed low rate. Fourth-day-old larvae after hatching began to eat lotifers. 17th-day-old larvae after hatching reached 9.9 mm TL on the average, and the median fin rays and fin-supports were partly formed. In a group deprived of food after first-feeding stage, most larvae could not take lotifers after starvation for about two days.

Key words : Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, egg and larva, hatching rate, rearing

Comparative Studies on Two Types of Frog Flounder, *Pleuronichthys cornutus*, in the East China Sea and the Yellow Sea - I.
Distributional, Morphological and Genetic Differences (in Japanese)
Masanobu MATSUOKA, Nobuhiko TANIGUCHI, Hitoshi FUJITA, Tadahiro KITAJIMA and Muneharu TOKIMURA
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., (67), 23-36 (1989)

Comparative examinations on two types of frog flounder, *Pleuronichthys cornutus*, in the East China Sea and the Yellow Sea, "Honmeita" and "Bakemeita (Nagaremeita)", were undertaken to clarify the distributional, morphological and genetic differences. "Honmeita" type was distributed in the north of Lat. 28° N., and "Bakemeita" type was in the south of Lat. 30° N., including a wide overlapping area. The numbers of meristic characters in "Bakemeita" type were fewer than in "Honmeita" type. In the two types, there was a distinct difference in the number of abdominal vertebrae. "Honmeita" type collected in the Yellow Sea showed relatively fewer numbers of the meristic characters than that in the East China Sea. By electrophoretic analysis, twenty-two loci were detected for the two types. Complete allelic divergence between the two types was found in 8 loci. The genetic distance between the two types was 0.924, which suggested that these two types represent distinct species.
Key words : comparative study, frog flounder, *Pleuronichthys cornutus*, distribution, morphology, genetic difference, East China Sea, Yellow Sea

Age and Growth of Cutlassfish, *Trichiurus lepturus*, in the Tsushima Waters (in Japanese)
Seiko HANABUCHI: *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, (67), 37-57 (1989)

Age and growth of the cutlassfish, *Trichurus lepturus*, were examined by the otolith-method, using a total of 9,592 fish collected in the Tsushima waters, the southwestern Japan Sea during the years from 1967 to 1987. Age mark of the otolith was easily recognized by the transparent band. Within the spawning period from mid-April to early November, three seasonal (spring, summer and fall) brood groups could be specified basing on the size of first mark(r_1). The periodicity of mark formation was indicated with the WAIFORD's plot. Trend of monthly changes in the marginal growth index suggested that the mark-forming period extended from November to March with a peak in January. Growth trend of the cutlassfish was expressed by the BERTANFFY's equations, by seasonal brood groups and sexes.

Males older than five years of age could be hardly found among commercial catches.
Key words : age, growth, cutlassfish, *Trichiurus lepturus*

Age and Growth of Loliginid Squid, *Heterololigo bleekeri* (in Japanese)
Takahiro KINOSHITA: *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, (67), 59-68 (1989)

Age and growth of loliginid squid, *Heterololigo bleekeri*, were examined based on growth ring counts of statoliths from 232 squids taken in the southwestern Japan Sea. Statoliths were embedded in synthetic resin and ground to count growth rings.

Assuming that the growth rings formed daily, length-at-age data obtained showed that: life span may be approximately one year; growth rates vary widely between individuals. especially in males; the average growth rate of male was higher than that of female in the latter half of life; and growth of the squid was expressed by the logistic curve. The growth equations were shown as follows, $ML=299/(1+e^{3.99-0.0194t})$ for male and $ML=213/(1+e^{4.70-0.0258t})$ for female, where ML is mantle length in mm and t is time in days.
Key words : age, growth, statolith, daily ring, loliginidae, squid

西水研研報　第67号，平成元年10月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No.67, October 1989

浅海域における全水柱プランクトンの鉛直曳による定量的採集法

森岡泰啓*・中嶋純子*・木元克則*

Quantitative Sampling Method for the Whole Water Column Zooplankton by Vertical Hauling in the Shallow Waters

Yasuhiro MORIOKA*, Junko NAKASHIMA* and Katsunori KIMOTO*

In order to find an adequate quantitative sampling method for zooplankton from the whole water column of small inlet with the depth of 10-20m, plankton collections by three kinds of method of repeated vertical hauls from the bottom to the surface in day were compared, and the day-night difference in catches was also discussed. It is difficult to collect such zooplankters inhabit the near-bottom layer in day as copepods *Acartia* and *Oithona*, even if the mouth of the plankton net was set on the sea bottom before the haul. We are only able to collect one third, a quarter, or occasionally one-hundredth of the swarming population near the sea bottom in daytime. Night sampling is recommended for the quantitative sampling for the whole water column from just above the bottom to the surface in the ordinary vertical hauling.

沿岸浅海域での動物プランクトンの採集は，船の航行や作業の安全などの点から昼間に行われることが多い．しかし，内湾浅海域の海底近傍層においては昼間に橈脚類のいくつかの種が濃密に成群することが知られ[1-3]，これらの生物量は従来の通常の鉛直採集によってでは必ずしも適正に評価されるとは考えにくい．プランクトンネットの鉛直曳によって昼間に海底から表面までの全層に生息しているプランクトンを定量的に採集するにはどのような点を考慮すべきであるかを検討すべく，曳網方法と曳網時間帯の違いによる採集量を比較する実験を行った．

昭和63年12月20日受理（Received December 20, 1988）
西海区水産研究所業績第454号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 454）
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）

方　　法

1. 曳網方法3種の比較

1986年6月29日の09時45分から10時30分まで，長崎県平戸島志々伎湾（面積およそ10km²）の中央部海深18mの地点において，約5トンの漁船上で口径45cm，ろ過部側長240cmの円筒円錐形プランクトンネット（網目幅100μm，口輪からおもりの下端までの長さ320cm）による次の3通りの鉛直曳を5回ずつ繰り返した（Fig. 1）．

A：おもりが着底した直後に巻き揚げる

B：口輪が着底した直後に巻き揚げる

C：口輪が着底してから60秒後に巻き揚げる

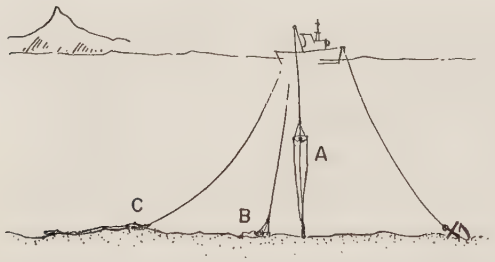


Fig. 1. 1986年6月志々伎湾におけるプランクトンネット鉛直曳3種の方法の模式図（詳細は本文参照）
Schematic illustration of three methods of vertical hauling with 45 cm dia. plankton net in Shijiki Bay, June 1986.
A: Hauling immediately after the lead attached to the sea bottom
B: Hauling immediately after the mouth ring attached to the sea bottom
C: Hauling 60 seconds after the mouth ring attached to the sea bottom

この採集作業の前日の昼間に同じ場所でスキューバ潜水し，二段式潜水用プランクトンネット（口枠高さ20cm，幅50cm，網目幅50μm）[3] を用いてあらかじめ敷設しておいたロープに沿って海底直上層を水平に10mを曳いた．

2. 採集時間帯の比較

海底から表面までの鉛直曳によって，動物プランクトンが海底直上層にスオームを形成している昼間の採集量と群を解いて全層にまばらに，あるいは表層に分布するであろう夜間の採集量とを比較する．

1988年5，6，7月の各1回，志々伎湾の海深15mまたは10mの地点において上記鉛直曳に用いたプランクトンネットと同じ型，口径45cmのネット（ただし，網目幅は異物の混入が少なく，個体数の算定がより容易な200μm）による鉛直曳を昼夜5回ずつ繰り返した（Table 1）．5月の採集は西海区水産研究所調査船陽光丸（約500トン）のウインチによった．他の月には約2トンの漁船上でプランクトンネットを10mm径のクレモナロープの先端に結んで舟べりから人力により行った．いずれもネットの口輪が海底に着いたことを確認してから3秒後につとめて1秒間に1mの速さになるようにして引き揚げた．なお，用いたプランクトンネットの網地はいずれも染色加工のない白地である．

Table 1. 1988年5月—7月志々伎湾におけるプランクトンネット鉛直曳昼夜比較のための採集作業記録
Day and night vertical hauling experiments of plankton net in Shijiki Bay, May-July 1988

Cruise no.	Date	Hour	No. of hauls	Depth of sea bottom (m)
I	May 14	15:58—16:19	5	14.5
		19:56—20:25	5	17
II	June 8	16:13—17:00	5	12
		20:03—20:32	5	11
III	July 8	15:45—16:31	5	10
		20:10—20:32	5	11

3. 標本処理

ホルマリン固定の標本を全量，または個体数が多いときは箱型の標本分割器によって2～8等分割し，そのひとつについて主要群の個体数を実体顕微鏡下で計数用シャーレを用いて算定した．

ろ水計の回転数から得た単位水量あたりの個体数の曳網方法による差を分散分析と平均値の t-検定とによって検定した．1988年の実験においてはいずれの回にもヤコウチュウが圧倒的に多数を占めたが，一部に分解が進行している個体が認められたので，正確な計数は困難であると判断してこの種を計数の対象から外した．

結果と考察

異なる3つの曳網方法による海水1lあたりに換算した主要群の個体数の平均値を Table 2 に示す．3方法を通じてヤコウチュウが最も多く10数個体，尾虫類がそれに次いで約4個体，複数種を含む橈脚類ノウプリアス期幼生の総数は約2個体であった．採集方法の違いにもかかわらず，それぞれよく似た値である．分散分析およびt-検定の結果はいずれの分類群においても分散と平均値には3方法間に差がないことをあらわしている（Table 3）．

この実験の前日に観察した海底直上20cm層の橈脚類 *Acartia* の分布密度は1lあたり240個体であった．これは網目幅 50μm によって得られたものであるが，鉛直曳に供した100μm の網目を抜ける大きさの *Acartia* は勘定に入れていない．当日も同じ密度であったとして，今回用いた口径45cmのネットをこの厚さ20cmの層を鉛直に曳くと，ネットのろ過効率を1としたとき，32lの海水をろ過することになるから，その中には7,700個体の *Acartia* が存在するはずである（Fig. 2）．方法Aはおもりが海底に着いただけで，口輪は着いていないから，海底直上の群を採ることははじめから不可能である．それに対して口輪が海底に到っている方法B，Cによる *Acartia* の個体数密度は方法Aの2.5倍はあってよい筈である．それにもかかわらず3方法の間に差異がないことはどのような理由によるのか．

プランクトンネットの口輪が海底に着いたといっても着底時や巻き揚げの直前に海底直上層の水を乱したり，曳き綱やブライドルの動きがネットの口輪から動物が逃避することを許す可能性は十分にあろう．このメカニズムを解明するために，1988年5月13日の13時

Table 2. 1986年6月プランクトンネット鉛直曳3方法5回反復による海水1lあたりの主要群個体数の平均と標準偏差
Mean and standard deviation of the distribution densities of zooplankton (orgs./l) estimated from five repeated hauls of three methods, June 1986

	Method A		Method B		Method C	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Paracalanus	2.33	0.54	2.22	0.36	1.82	0.35
Acartia	1.92	0.85	1.99	0.85	2.46	0.61
Oithona	1.44	0.35	1.53	0.21	1.58	0.46
Copepod nauplii	2.28	0.49	2.48	0.39	2.25	0.47
Appendicularians	3.98	1.00	3.69	0.79	4.05	0.90
Noctiluca	16.31	4.13	15.31	3.13	18.37	3.92

Table 3. 1986年6月プランクトンネット鉛直曳3方法（A，B，C）間の主要群個体数の分散分析と平均値のt-検定の結果
Results of variance analysis and t-test on the distribution densities of zooplankton estimated from five replicated hauls of three methods (A, BandC), June 1986

	F-value			t-value		
	A—B	B—C	C—A	A—B	B—C	C—A
Paracalanus	2.16	1.06	2.29	0.380	2.210	2.022
Acartia	1.01	1.91	1.94	0.131	1.008	1.153
Oithona	2.62	4.65	1.78	0.516	0.237	0.573
Copepod nauplii	1.60	1.48	1.08	0.721	0.845	0.084
Appendicularians	1.61	1.32	1.22	0.509	0.660	0.106
Noctiluca	1.74	1.57	1.11	0.432	1.365	0.809

$F(4,4;0.025)=9.60$
$t(8;0.05)=2.306$

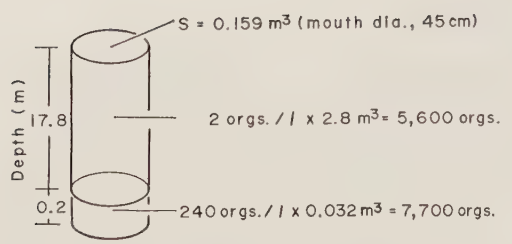


Fig. 2. 1986年6月志々伎湾におけるのプランクトンネット曳網水柱内の橈脚類 *Acartia* の鉛直分布
Schematic diagram of the vertical distribution of copepod *Acartia* obtained by a 45 cm plankton net vertical hauling (upper column) and a hand net horizontal tow (lower column) in Shijiki Bay, June 1986.

から約1時間にわたり志々伎湾の海深10mの地点においてスキューバ潜水によってプランクトンネットの全体または各部の存在や動きに対するプラクトンの行動を直接観察することを試みた．しかし，スオーム生物の密度が極端に低かったことに加えて海水の濁りがひどく，視界が不良であったことによって達成できなかった．

以上の経験から，スオームプランクトンが日没を待つようにして海底から浮上して離れる[3]性質を利用して夜間に採集を行い，昼間のそれと比較することによって夜間採集の有効性を検討する．ただ，同じ場所での採集といっても潮流によってたえず水が入れ替る．志々伎湾奥部の海表面では1秒間に数cmから十数cmの流れが観察されている[4]．その流れによって昼と夜とでは採集される群集は変ってくるであろう．しかし，このことは別途考察するとしてここではそれがないものとする．Table 4 に1988年5～7月の各採集回における分類群ごとの昼夜の平均分布密度を表す．橈脚類 *Acartia* はことに5月に多く，1㎥当り4,000個体を超えた．7月には *Oithona* が最も卓越し，1㎥あたり660個体を算えた．各カテゴリーは単一種とは限らないし，単一種としてもいくつかの発育段階を含んでいるから，時期の違いによって世代が異なっているかもしれない．昼夜の分布密度の差は *Acartia* に著しく，3期を通じて明瞭である（Table 5）．*Paracalanus*, *Oithona* そして尾虫類においては5月，6月にほとんどみられなく，7月には *Paracalanus* と尾虫類とは夜の量がそれぞれ昼の3，4倍，*Oithona* は166倍となった．動物プランクトンがネットの接近を感知して網口から逃げる現象は網口逃避（ネットアボイダンス）として，ことに稚魚やおきあみ類に著しいものとして知られ[5]，また橈脚類にもみられる[6,7]．昼夜の採集量の違いは極く普通のことであるが[8,9]，海が深く，ネットが海底に届かないようなところでの採集では昼間は近底層にいる鉛直移動の群を捕捉できないから，昼夜の採集量を比較するだけではアボイダンスの存否，程度の違いは分らない．しかし，暗色の網地でできているネットの方が白色のよりも採集量が多いこと*からふつう用いられている白地のネットによる採集では夜

Table 4. 1988年5月—7月プランクトンネット鉛直曳の昼夜5回反復による海水1㎥あたりの主要群個体数の平均と標準偏差
Mean and standard deviation of the distribution densities of zooplankton (orgs./㎥) estimated from five repeated hauls on three cruises in May–July 1988

		Cruise I		Cruise II		Cruise III	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Paracalanus	D	111.5	44.5	38.1	11.4	99.1	43.6
	N	89.9	28.6	23.6	3.8	341.0	33.5
Acartia	D	531.8	222.5	13.5	8.3	26.6	6.3
	N	4291.7	295.7	243.8	63.1	379.2	101.6
Oithona	D	42.4	17.7	24.1	10.0	4.0	3.3
	N	60.3	8.4	3.9	3.2	664.3	162.2
Appendicularians	D	220.1	95.9	43.3	8.0	68.7	9.7
	N	179.2	22.7	35.7	3.0	278.2	31.2

D: Day, N: Night

*LeBrasseur *et al.* (1965, Clutter and Anraku 1968より引用)

Table 5. 1988年5月—7月プランクトンネット鉛直曳による主要群個体数の昼夜の比率と昼夜間の分散分析と平均値の t- 検定結果
Night/Day ratio of the distribution densities and the results of variance analysis and t-test on the density

	Cruise I			Cruise II			Cruise III		
	N/D	F-test	t-test	N/D	F-test	t-test	N/D	F-test	t-test
Paracalanus	0.8	—	—	0.6	—	*	3.4	—	***
Acartia	8.1	—	***	18.1	**	**	14.3	***	***
Oithona	1.4	—	—	0.2	*	**	166.1	***	***
Appendicularians	0.8	**	—	0.8	—	—	4.1	*	***

N: Night D: Day —: Insignificant Significant at *5%, **1%, ***0.1% level

間の採集量が昼間よりも多いことは得心できる.

夜間における採集量が昼間に比べてきわだって多いのは3期を通して *Acartia* と7月の *Oithona* である. この2群は昼間は海底直上層に濃密なスオームを形成することが知られている[3]. 水中においてダイバーの手足の運動が巻き起こす水の乱れに対してスオーム生物は実に敏感に反応し, 速やかに群を解く (木元, 未発表). プランクトンネットのおもり, おもりを吊す綱, 身網そして口輪が順次海底に着く. このときスオーム生物はダイバーに対するときと同じような行動をとるに違いあるまい. 水の乱れがおさまるとスオームは元に復する (木元, 未発表). 口輪の着底後3秒間はその復元のために必ずしも十分ではないであろう. しかし, 60秒間の放置によっても前述の通り着底直後の曳き揚げとの差異を認めることができなかった. スオーム生物は海底の凹凸や岩石, 海藻の存在に反応して成群する[3]. プランクトンネットの存在も同様な効果をもつことがありうるであろう. うねりや潮の流れによってときに張り, ときにたゆたっているであろうブライドルや曳き綱が成群を妨げる条件となっていると思われる. さらに, 曳き綱が十分たるんでいれば, 曳き揚げ時に曳き綱やブライドルが群れている動物たちを追い払うことにもなるであろう.

昼間にはいくら海底から曳く努力をしてもプランクトンネットによる通常の鉛直曳では底層に群れる生物を定量的に採集することは難しい. 夜に較べて3, 4分の1ないしは10分の1, ときとして100分の1を捕集できるにすぎない. 平坦な砂質の海底上のスオームでも個体の分布密度にはさほど広くない区域のなかでさえ大小がある[3]. 首藤 (未発表) によると同じ志々伎湾内海深12mの地点において1個の錨で固定された約5トンの漁船上からスミス・マッキンタイヤ採泥器の繰り返し採集を行ったところ, ほとんど無風状態ながら採集のスポットは約1時間半の間に30m移動した. 表4に示す標準偏差の平均値に対する値が夜よりも昼に大きいことは, プランクトンネットが遭遇したスオームに濃淡があったり, ネットの海底でのすわり, ブライドルや曳き綱の張り具合の反映であると思われる.

謝辞：西海区水産研究所調査船陽光丸乗組の各位には船上での採集に協力を, また同所資源増殖部長古賀文洋氏には校閲を頂いた. 本研究は農林水産省農林水産技術会議大型別枠研究「マリーン・ランチング計画」の一環として行われたものである. 記して謝意を表する.

文 献

1) M. Anraku 1975 : Microdistribution of marine copepods in a small inlet. *Mar. Biol.*, **30**, 79–87.

2) H. Ueda, A. Kuwahara, M. Tanaka and M. Azeta 1983 : Under water observations on copepod swarms in temperate and subtropical waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **11**, 165–171.

3) K. Kimoto, J. Nakashima and Y. Morioka 1988 : Direct observations of copepod swarm in a small inlet of Kyushu, Japan. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, (66), 41-58.

4) 玉井一寿 1980 : 志々伎湾における海水の流動. I. 1975年冬季. 西水研研報, (54), 157-169.

5) R. I. Clutter and M. Anraku 1968 : Avoidance of samplers. pp. 57-76, In "Monographs on Oceanographic Methodology **2**. Zooplankton Sampling". Unesco, Rome, 174 pp.

6) W. Aron 1958 : The use of a large capacity portable pump for plankton sampling, with notes on plankton patchiness. *J. mar. Res.*, **16**, 158-173.

7) A. Fleminger and R. I. Clutter 1965 : Avoidance of towed nets by zooplankton. *Limnol. Oceanogr.*, **10**, 96-104.

8) S. Motoda and M. Anraku 1954 : Daily change of vertical distribution of plankton animals near western entrance to the Tsugaru Strait, northern Japan. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **5**, 15-19.

9) S. Motoda and M. Anraku 1955 : Further observation on the daily change in amount of catches of plankton animals in vertical hauls. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **6**, 15-18.

西水研研報　第67号，平成元年10月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No.67 October 1989

ふるいによる生鮮微小動物プランクトンの体サイズ分画

中　嶋　純　子*・木　元　克　則*

Size Fractionation of Fresh Microzooplankton by Sieveing with Various Mesh Sizes

Junko NAKASHIMA* and Katsunori KIMOTO*

A multiple sieving apparatus for the study of size fractionation of the microzooplankters fresh from the sea was devised and its performance was tested. The apparatus consisted of a stratiform tower of six sieves of vinyl chloride cylinders (29 cm in dia., 5 cm in height) with filtering gauzes of mesh opening ranging from 10–200 μm. Fifty liters of fresh sea water was poured out of a cup into the top sieve, and the filtrate is filtered in turn. Body size distributions of copepod nauplii, copepodids and tintinnids in sieves showed the specification respectively. Mean body width of copepod nauplii, copepodids and tintinnids of each fraction were closely related to the mesh size. The biomass of microzooplankton in each fraction is easily estimated from counting the number of individuals in each taxon on the basis of the information of individual body weight.

動物プランクトン群集のうち 200μm の網目を通り抜ける大きさのものは，一般に微小動物プランクトンと称され[1,2]，繊毛虫類，有孔虫類，放散虫類などの原生動物，かいあし類のコペポダイト期およびノウプリアス期幼生をはじめとする後生動物と，その幼生など系統学上多岐にわたる動物から成る[2-4]．これらのうち，特に，かいあし類のコペポダイトとノウプリアスは，近年ふ化直後の魚類の初期生残等に深いかかわりを持つ餌料としての重要性が指摘されてきている[5]．微小動物といっても，たとえば，多くの繊毛虫では殻幅が 10～100μm，殻長が20～1,000μm であり[6,7]，また，かいあし類ノウプリアスでも体幅が 20～140μm であり[7]，体サイズに広い幅がある．このサイズの違いは生産性や餌料としての有効性に大きく影響するものとみられ，さらに，魚類稚仔などの捕食可能な餌の体サイズがそれらの口器の大きさによって決まると推察されている[8]ことからも，微小生物のサイズ分画毎の研究の重要性がある．

ふるいにより微小動物プランクトンをサイズ分画しようとするとき，ホルマリンなどによる固定標本は凝固した付属肢などの障害のためふるいを通り抜けにくく，より大きなサイズのカテゴリーとして評価される

平成元年1月17日受理 (Received January 17, 1989)
西海区水産研究所業績第455号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 455)
*西海区水産研究所　〒850　長崎市国分町49 (Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan)

ことにもなる．また，固定後は夾雑物と他の動物とがからまり，単一個体としてふるい分けることが難しい．従って，微小動物プランクトンを採集現場において固定することなく生のままで異なる網目のふるいによってこし分けることが望ましい．このほか，現場におけるふるい分けの作業の利点には，標本の容積を小さくすることによって調査船内空間の節約，搬入，搬出の簡易化や省力化が可能になることである．本研究では，微小動物プランクトンをいくつかのサイズに分画するにあたって，採集直後に生鮮状態でふるい分けするために考案した道具と，その取り扱い方法および分画性能について検討した．なお，微小動物プランクトンのサイズカテゴリーとしては Dussart[1] によって検討された Peres・Deveze によるナノプランクトンの5～60μm，Cailleux によるウルトラプランクトンの2～20μm．また，彼によるナノプランクトンの 20μm，ミクロプランクトン 20～200μm などを参考にした．更に，分画にあたり現場作業の必要性から濾過能力を考慮した目合幅のふるいを用いた．

方　法

ふるいの仕様：ふるいは，上下に重ね合わせることができるように加工した硬質塩化ビニル製の円筒（内径29cm，厚み1.6cm，高さ5cm）に異なる6種類の網目幅（200, 100, 60, 40, 25, 10μm）のナイロンガーゼ（それぞれ，nytal® 7NXX-200, 13NXX-100, DIN100-60, DIN130-40, P-25, HD-10）を下方にややふくらむように合成接着剤で張りつけたものである．これらのふるいを上から網目幅の大きい順に重ね，その下方の足部に濾過状態判別用の覗き窓を開けたふるい部と同じ材料の筒（高さ65cm）を置いた．更に，このふるい一式を容量 60l のポリエチレン製の樽の中央に置いた（Fig. 1）．

採水とふるい分け：1984年7月7日と8日に，九州五島灘の2点（Stn. A：北緯33°12′，東経129°17′，

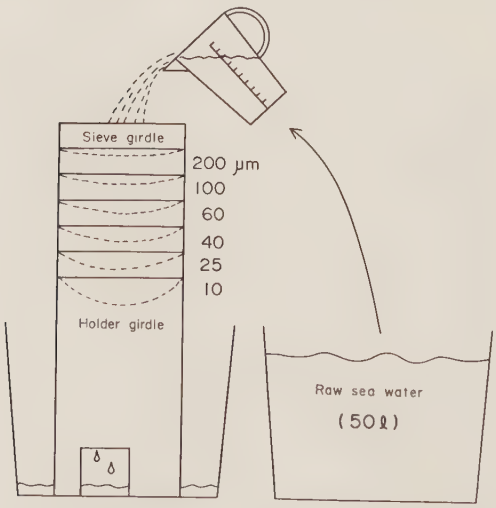


Fig. 1. 微小動物プランクトンの体サイズ分画のために異なる6種類の網地を張った分画装置の模式図
Schematic illustration of sieving apparatus for size fractionation of microzooplankton.

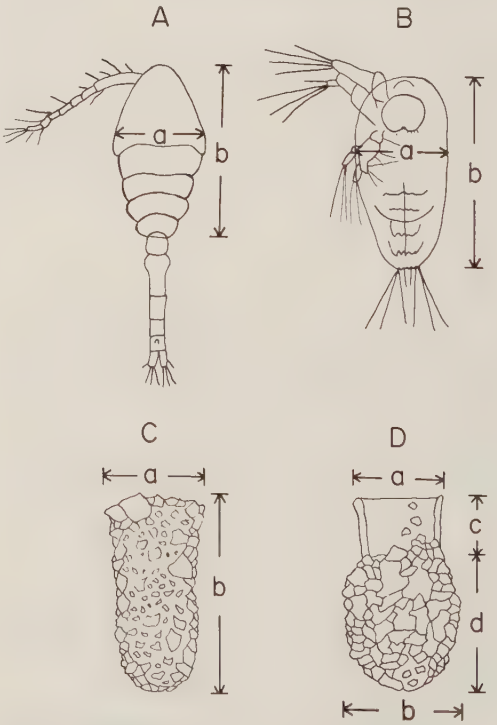


Fig. 2. 微小動物プランクトンの体サイズ測定部位
Position of body length measurement.
A&B: Copepodid and nauplius.
C&D: Tintinnid.

海深81m，Stn. B：北緯32°45′，東経129°17′，海深124m）において西海区水産研究所調査船陽光丸（約500トン）によって試水を採集した．採水には採水袋（General Oceanics Inc. 製，1050-S1 型，最大採水能力 100*l*）を用い，表層から底層までの数層からそれぞれ海水 50 *l* を採取した．Stn. A の採水層は5層（0，15，30，45，70m），Stn. B のそれは6層（0，15，30，45，70，100m）である．採集した試水を一時的に容量 60 *l* ポリエチレン製の樽にいれて保管した．この試水を最上段の 200 μm のふるいの上方より各ふるいのガーゼの縁を超えることのないように計量カップで少量ずつ静かに注ぎ込み，試水が自然に濾過されるの待ってそれぞれのふるい上に動物プランクトンを捕集した（Fig. 1）．ただし，10μm のふるいについては，ふるいの下側を手で触れて水が抜け易くなるのを補助した．このサイズ分画中には，植物プランクトンや懸濁物質による明らかな目詰りは見られなかった．ふるい上の試料は，グラス・ファイバー製の濾紙（Whatman® GF/C）で濾過した海水で洗い流して集め，標本瓶に収容した．この試料は，ホウ砂で中和したホルマリンを全体の2％になるように加えて固定して持ち帰った．なお，ふるい分けの作業は採集後3時間以内に終えるようにした．

各ふるいの全量について種，属またはそれ以上の分類段階ごとに微小動物プランクトン数を双眼の倒立顕微鏡（ニコン社製，DIAPHOT-TMD 型）を用いて算えた．かいあし類のノウプリアス期，コペポダイト期幼生および有鐘繊毛虫類については，Fig. 2 に示すそれぞれの所要部位（コペポダイトでは前体部の長さと幅，ノウプリアスでは体長と体幅，有鐘繊毛虫類では殻長と殻口径，殻幅など）の長さを接眼マイクロメーターによって測定した．

結果および考察

かいあし類ノウプリアスの体サイズ分画

2地点の各層で多数のかいあし類のノウプリアスが25から 100μm のふるいに幅広く採集された．ふるいの分画性能を検討するため，使用したふるいに幅広く採集された *Oithona* 属，*Paracalanus* 属，および *Microsetella* 属のノウプリアスの体幅，および体長とふるいの網目幅との関係を検討した．各層における3属のノウプリアスは各ふるいによりよく選り分けられ，また，属別に検討した体幅，体長の各分画の平均値の間に統計的に有意な差があった．

Oithona 属，*Paracalanus* 属，および *Microsetella* 属のノウプリアスの属別にそれぞれ同じ網目幅のふるいの体幅，体長の全11層のデータを総計した．得られたふるい毎の体幅および体長の頻度分布を Fig. 3 に，体幅と体長の平均値，標準偏差および測定個体数を Table 1 に示した．各分画における体サイズの頻度分布はいずれも正規分布を示し，その一部が重なったが，各分画の平均値には統計的に明らかな差があった．同一の網目のふるいによって分画された3属のノウプリアスでも分布のモードが異なった．これは，3属のノウプリアスの体型の違い，すなわち *Oithona* 属は卵型，*Paracalanus* 属は小型の *Calanus* 型，そして

Table 1. 4段階の網目幅のふるいにわけられた3属のかいあし類ノウプリアスの体幅（μm）（上段），体長（μm）（下段）の平均値，標準偏差および測定個体数
Body width (μm) (upper) body length (μm) (lower), standard deviation and the number of organisms of copepod nauplii of 3 genera collected by sieves with various mesh sizes.

	25 — 40μm			40 — 60μm			60—100μm			100—200μm		
	Mean	S. D.	No.	Mean	S. D.	No.	Mean	S. D.	No.	Mean	S. D.	No.
Oithona	39.5	3.1	1063	46.0	5.8	1820	64.9	9.0	1929	96.5	19.5	333
	75.8	5.7		88.0	12.9		130.6	19.7		209.7	51.7	
Paracalanus				47.1	6.0	258	67.9	11.0	1096	91.3	25.4	182
				93.5	16.5		146.9	30.0		195.4	51.7	
Microsetella				58.3	7.7	189	75.4	12.9	371	105.3	18.1	62
				101.0	12.7		134.5	29.5		206.4	33.1	

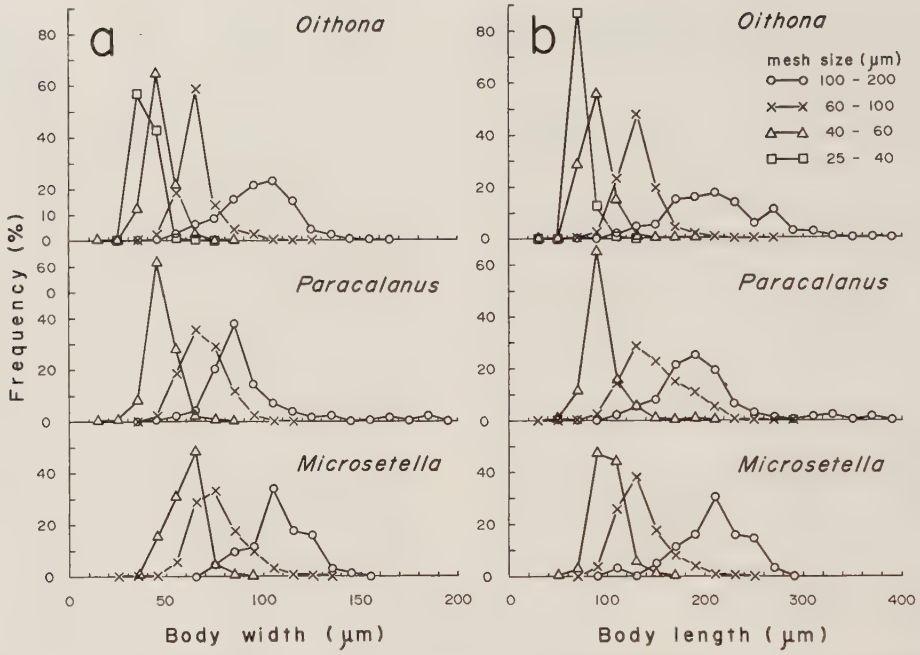


Fig. 3. 25から100μmの網目幅の異なる4種のふるいに分けられた *Oithona*, *Paracalanus*, および *Microsetella* 属のノウプリアスの体幅（a）と体長（b）の頻度分布．資料は2定点の11層を総計したもの．
○：100～200μm（200μmのふるいを通り抜けて100μmのふるいで捕集されるもの，以下同様），×：60～100μm，△：40～60μm，□：25～40μm
Frequency distribution of body width(a) and body length(b) of nauplii of *Oithona*, *Paracalanus* and *Microsetella* remained in four sieves with various mesh sizes. Data are combined from two stations.

Table 2. ふるいの網目幅（M, μm）と，ふるいわけられた3属のかいあし類ノウプリアスの体幅（W, μm）および体長（L, μm）との関係
Regression equations and t-values of regression coefficient of body width and body length (W and L in μm) of nauplius against sieve mesh size (M in μm) for three genera of copepod.

	Equation	t-value of regression coefficient
Oithona	$W=0.783M+17.64$	16.41**
	$L=1.850M+21.91$	12.74**
Paracalanus	$W=0.716M+21.07$	6.38
	$L=1.628M+36.67$	4.51
Microsetella	$W=0.779M+27.71$	29.92*
	$L=1.762M+29.82$	57.21*

*$p<0.05$, **$p<0.01$

Table 3. 2段階の網目幅のふるいにわけられた3属のかいあし類コペポダイトの体幅（μm）（上段），前体長（μm）（下段）の平均値，標準偏差および測定個体数
Body width (μm) (upper), prosome length (lower), standard deviation and the number of organisms of copepodids of 3 genera collected by sieves with various mesh sizes.

	60 — 100μm			100 — 200μm		
	Mean	S.D.	No.	Mean	S.D.	No.
Oithona	76.5	9.7	549	124.2	23.1	1226
	149.0	23.3		284.0	62.0	
Paracalanus	76.0	8.2	23	111.1	27.4	573
	170.5	35.4		294.6	71.5	
Microsetella	69.8	6.4	10	95.1	19.3	136
	276.2	39.5		343.9	89.3	

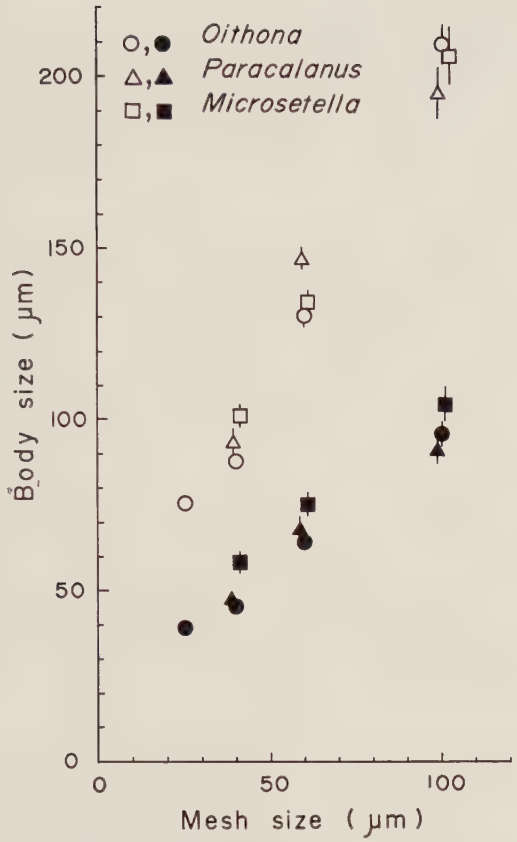


Fig. 4. 25から100μmの網目幅の異なる4種のふるいに分けられた *Oithona*, *Paracalanus*, と *Microsetella* 属のノウプリアスの体幅（●, ▲, ■）および体長（○, △, □）の平均値とふるいの網目幅との関係．各点の縦線は95%信頼限界．
Relationships between mesh size of sieve and body width (●, ▲, ■) and body length (○, △, □) of nauplii of *Oithona*, *Paracalanus* and *Microsetella* in respective sieve. Vertical lines denote 95% confidence limits.

Microsetella 属は偏平卵型であること[9]から，これらの網目の通り抜け方に差がでるものと推察される．

網目幅に対する体幅，体長の平均値およびその95%信頼限界を Fig. 4 に示した．体幅および体長の平均値はふるいの網目幅に対して直線関係にあり，それぞれの回帰直線式を Table 2 に示した．t-検定の結果，直線の傾きは *Paracalanus* 属では有意性が低いものの，他の2属では5%危険率以下で有意と判定された．組み合わせたふるいの網目幅が捕集されるノウプリアスの体幅および体長を決めていると結論される．

かいあし類コペポダイトの体サイズ分画

かいあし類のコペポダイトは 60μm と 100μm のふるいで捕集され，60μm のふるいを通り抜ける個体はなかった．*Oithona*, *Paracalanus*, および *Microsetella* 属のコペポダイトの属別に，ノウプリアスの場合と同様に，それぞれ11層を総計して得たふるい毎の体幅と体長の平均値，標準偏差および測定個体数を Table 3 に示した．二つのふるいで分けられた各属のコペポダイトの体幅と体長のそれぞれの平均値には明らかな差があり，ふるいによってコペポダイトがノウプリアスと同様によく分けられたと考えられる．60μmのふるいで捕集された3属のコペポダイトでは体幅の平均値が76.5, 76.0,69.8μm であり，大きな差がなかった．しかし，体長についてみると細長い体型の *Microsetella* では平均体長が特に大きかった．

Uye・Kuwata[10] はホルマリン固定したかいあし類のコペポダイトを循環式のふるい分け装置で分画し，各分画においてそれぞれ対数変換したふるいの網目幅（μm）とかいあし類の前体部長（μm）の間に直線関係を得ている．本研究における結果でも，組み合わせた網目幅がふるい分けられるコペポダイトの体幅と体長を決めていると推察される．しかしながら，Uye・Kuwata が組み合わせたふるいの網目幅は 94μm から 1,024μmの間の6つであり，その中には 60μm あるいはこれに相当する網目のふるいがなく，また，本研究における 100μm と 200μm のふるいに相当する 94μm と 193μm の間に 145μm のふるいを組み合わせている．従って，コペポダイトが 200μm を通り抜けて100，60μm の二つのふるいで捕集された本研究の場合と異なるため，両研究結果のふるい分けられたコペポダイトの体サイズの値を比較することはできなかった．

60μm と 100μm の二つのふるいで選り分けられた *Oithona* および *Paracalanus* のコペポダイトの体幅の平均値は両ふるいともノウプリアスのそれに比べて大きかった（Table 1, 3）．この違いは，当然ながらコペポダイトの出現頻度分布がノウプリアスに比べて体幅の大きい方へ偏っていることによって生じたものと思われる．しかし，逆に，*Microsetella* 属では両ふるいにおいてコペポダイトの体幅の平均値はノウプリアスに比べて小さかった．これは，*Microsetella* のコペポダイトが偏平な体型のノウプリアスに比べて丸細い

Table 4. 5段階の網目幅のふるいにわけられた6種の有鐘繊毛虫類の殻幅（μm）（上段），殻長（μm）（下段）の平均値，標準偏差および測定個体数
Lorica width (μm) (upper), lorica length (μm) (lower), standard deviation and the number of organisms of tintinnids of 6 species collected by sieves with various mesh sizes.

	10—25μm			25—40μm			40—60μm			60—100μm			100—200μm		
	Mean	S.D.	No.	Mean	S.D.	No.	Mean	S.D.	No.	Mean	S.D.	No.	Mean	S.D.	No
Tintinnopsis beroidea	21.3	3.5	4	36.4	6.5	21									
	54.9	12.0		72.5	13.3										
Codonellopsis morchella							50.7	2.9	405	52.4	3.7	7			
							85.9	6.1		88.7	5.0				
Amphorella quadrilineata				37.9	3.5	130									
				89.1	7.6										
Dadayiella ganymedes				27.8	3.0	124									
				98.8	8.4										
Salpingella spp.	18.9	3.6	214	23.2	4.9	92									
	165.4	35.2		203.4	38.9										
Eutintinnus spp.	19.8	4.7	11	34.7	8.0	20	47.1	5.1	39	56.4	1.7	2	54.7	1.1	5
	78.0	16.0		193.7	45.6		254.7	55.4		345.6	27.2		417.7	22.3	

体型であることによって生じたと思われる．

有鐘繊毛虫類の体サイズ分画

有鐘繊毛虫類の大部分は 60μm を通り抜けて40，25，および 10μm の網目幅のふるいに多数捕集された．各ふるいに捕集された有鐘繊毛虫類の殻幅，殻長の平均値，標準偏差および測定個体数を Table 4 に示した．網目幅の小さいふるいには殻幅の小さい有鐘繊毛虫類が，網目幅の大きいふるいには殻幅の大きいものが捕集され，網目幅が捕集される有鐘繊毛虫類の殻幅を決めていることが分かる．しかし，*Eutintinnus* 属では 100μm のふるいによって平均殻幅 55μm のものが少数個体捕集されている．これらは，殻幅の5から8倍もの殻長を持つために，ふるいの網目を通り抜けにくいことから殻幅より大きな網目幅のふるいによって一部が捕集されたものと思われる．そのため 100μm のふるいで捕集された *Eutintinnus* 属の平均殻幅の値を除外して，10μm から 60μm の4つのふるいで捕集された6種の有鐘繊毛虫類の各平均殻幅と網目幅の関係を総括的に検討した．この結果，これらの間に直線関係がみられ，その回帰式は

$$W=0.728M+14.01 \quad (t=8.12\,;\ p<0.01)$$

で表わされる．ただし，W は殻幅（μm），M はふるいの網目幅（μm），そして t は回帰係数の t-値である．しかし，*Eutintinnus* 属，*Salpingella* 属のように殻幅に対して殻長の著しく長い種が含まれるため有鐘繊毛虫類全体の網目幅と殻長との間には有意な直線関係は得られなかった．

以上の結果，本研究に用いたふるいの網目幅とその組み合わせは，捕集されるかいあし類のノウプリアス，コペポダイトおよび有鐘繊毛虫類の体サイズをそれぞれの体型の特徴に応じて決めていると結論される．このことからふるい分けして得た各分画の動物各群については，個体の重量が分かれば単純な個体数の計数からそれらの生物量を推算することができる．

要　約

(1) 網目幅の異なる6種のふるいを重ねた装置を作り，採集後まもないホルマリン未固定の生鮮な海水をふるい分け，各ふるい毎に微小動物プランクトンを得た．

(2) かいあし類のノウプリアスとコペポダイト，さらに有鐘繊毛虫類は異なる網目幅のふるいによってそ

れらの体型の特徴に応じて分けられた．

(3) ふるい分けられたかいあし類ノウプリアスの体幅と体長は，それぞれふるいの網目幅と直線関係があった．

(4) 10μm から 60μm のふるいで捕集された有鐘繊毛虫類の殻幅にもふるいの網目幅と直線関係がみられた．

謝　辞

本報告の取りまとめにあたっては西海区水産研究所の古賀文洋，森岡泰啓両氏に懇切なご教示をいただいた．また，標本の採集にあたっては西海区水産研究所調査船陽光丸の乗組員の多大なる協力を得た．あわせてここに深謝する．この研究の一部は農林水産技術会議事務局マリーンランチング計画（88-IV-2-9）によった．

文　献

1) B. H. Dussart 1964 : Les différentes catégories de plancton. *Hydrobiologia*, **26**, 72-74.
2) J. R. Beers and G. L. Stewart 1967 : Micro-zooplankton in the euphotic zone at five locations across the California Current. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **24**(10), 2053-2068.
3) J. R. Beers and G. L. Stewart 1969 : The vertical distribution of micro-zooplankton and some ecological observations. *J. Cons. int. Explor. Mer.* **33**, 30-44.
4) J. R. Beers and G. L. Stewart 1969 : Micro-zooplankton and its abundance relative to the larger zooplankton and other components. *Marine Biology*, **4**, 182-189.
5) 田中　克　1981：海産仔魚の摂餌と生残—IV．天然海域における餌生物の密度．海洋と生物，**3**(4)，293-299.
6) 佐野　昭　1975：有鐘繊毛虫類の分類．海洋科学，**7**(3)，170-177.
7) A. Taniguchi 1977 : Biomass and size composition of copepod nauplii and tintinnids in the Philippine Sea and the Celebes Sea. summer 1972. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **24**(1), 1-10.
8) 代田昭彦　1970：魚類稚仔期の口径に関する研究．日水誌，**36**(4)，353-368.
9) 古賀文洋　1984：橈脚類ノープリウスの形態，生態，分類ならびに分化に関する研究．南西水研研報，(16)，95-229.
10) S. Uye and H. Kuwata 1983 : Size separation of copepods by sieving. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **39**, 136-140.

西水研研報 第67号，平成元年10月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No.67, October 1989

長崎港近海で採集されたマイワシ卵のふ化・飼育（予報）

松 岡 正 信*・三 谷 卓 美*

Hatching and Rearing Experiments on Eggs of Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus*, Collected from Adjoining Area of the Nagasaki Harbor (Preliminary Study)

Masanobu MATSUOKA* and Takumi MITANI*

Preliminary experiments on hatching and rearing of Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, were undertaken, using wild eggs collected from adjoining area of the Nagasaki harbor. Average total hatching rates of younger (stage Ⅰ) and older (stage Ⅱ) eggs at 18℃ were 94.8 and 97.5%, respectively. Total hatching rate at 14℃ was almost the same as ones at 18℃. At 21℃, a group showed relatively low rate. Although total hatching rates at 7/8 and 3/4 diluted sea water were considerably high, total and viable hatching rates at 1/2 diluted sea water showed low value.

Fourth-day-old larvae after hatching (about 5.7 mm TL) began to eat lotifers. 17th-day-old larvae after hatching reached 9.9 mm TL on the average (range 8.50～11.95 mm), and the rudiments of the dorsal and caudal fin rays and fin-supports were partly formed. In a group deprived of food after first-feeding stage, most larvae could not take lotifers which were given on the sixth day after hatching.

マイワシ *Sardinops melanostictus* の資源研究には長年の蓄積があるが，産卵及び発育初期の生態に関しては，まだ多くの不明な点が残っている．特に，初期減耗の実態を明らかにするためには，様々な飼育実験をすることが不可欠と考えられる．

マイワシ属魚類の飼育に関しては，カリフォルニアサージン *S. caerulea* ではかなり以前から行われ[1-3]，ANON.[4] は2.5～4インチまで育てることに成功している．また，最近，南アフリカピルチャード *S. ocellata*，チリピルチャード *S. sagax* 及びニュージーランドピルチャード *S. neopilchardus* でも，主に天然卵を用いたふ化・飼育実験が行われている[5-9]．一方，日本産マイワシでは，卵とふ化仔魚の記載のための飼育は古くから行われているが[10-13]，詳細な報告としては NAKAI[14] の研究が知られているにすぎない．この場合も，受精後8日ですべて死亡している．

平成元年5月24日受理 (Received May 24, 1989)
西海区水産研究所業績第456号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 456)
*西海区水産研究所 〒850 長崎市国分町49 (Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan)

本研究は，長崎港近海で比較的容易に採集することのできるマイワシ天然卵を用いて，ふ化・飼育に関する予備的な実験を行ったものである．なお，ごく最近，土佐湾産の卵でも仔魚飼育がなされた[15]．

本研究を行うにあたり，有益な助言を戴いた西海区水産研究所　資源管理部　庄島洋一浮魚資源生態研究室長に感謝の意を表する．同資源増殖部　木本克則主任研究官，同海洋環境部　小笹悦二主任研究官他多くの方々には採集や飼育方法等についてお教え戴いた．長崎県水産試験場　増養殖研究所の職員の方々にはクロレラ及びワムシを提供して戴いた．ここに記して深く御礼申し上げる．

方　　法

1．卵採集

1988年3月14日，19日及び28日に，長崎港沖に2マイル間隔で配置した9定点（Fig. 1）においてマイワシ卵の採集を行った．小型船（7.4トン）を用いて，口径57cmのプランクトンネットの5分間表層びき（速度約2.3ノット）を行った．採集時刻はほぼ午前8時

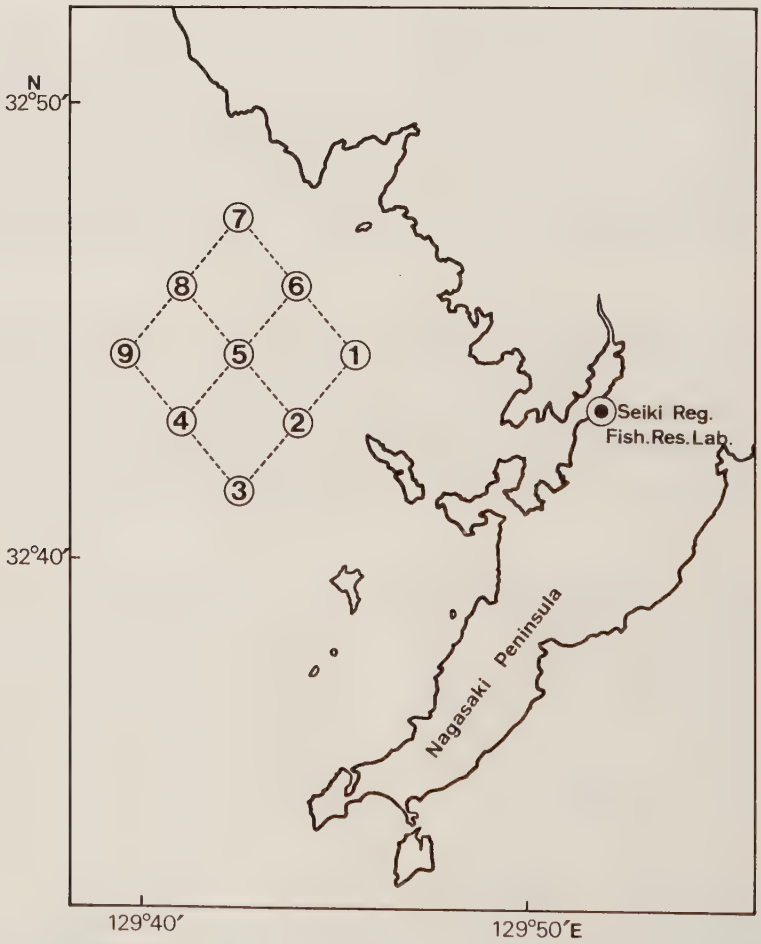


Fig. 1. マイワシ卵の採集地点
Sampling area of eggs of *Sardinops melanostictus*. Numbers in circle show sampling stations.

30分から12時30分の間であり，採集時の表面水温は16.9～17.3℃（14日），16.3～16.8℃（19日），15.6～16.2℃（28日）であった．各定点で2回ずつの採集を行い，一方は直ちに10%ホルマリンで固定し，他方は3l標本びんに入れ，固定せずに研究室に持ち帰った．後者については，実体顕微鏡下でマイワシ卵を発育段階ごとに選別し，以下の実験に供した．なお，固定標本の観察結果による採集日ごとの採集卵数や発育段階組成の違い等については別途報告する．

2. ふ化及び飼育実験

恒温水槽内に1lビーカーを設置して，発育段階別，水温別，海水濃度別にふ化実験を行った．水温は，14，18，21（±0.1）℃の3段階に設定した．実験には採集現場の海水をミリポアフィルターで濾過して用いた．これを蒸留水で7/8，3/4，1/2の割合に希釈した海水も用いた．各実験区に使用した卵数は33～101個であった．ふ化の終了後にホルマリンで固定し，正常ふ化仔魚数，異常ふ化仔魚数（極端に湾曲したもの，ふ化後早々に死亡したもの等）及び死卵数を計測した．

飼育実験には1lビーカーまたは5l円形水槽を用いて，水温17.8（±0.3）℃で行った．前者に100個，後者に350個の卵を収容し，仔魚には摂餌開始期から油脂酵母及びクロレラで培養したS型ワムシを投餌した．通気すると死亡する個体が認められたため，途中で中止した．ほぼ毎日，底層の塵や糞を除去すると共に，1/10～1/5の換水を行った．

また，仔魚の飢餓耐性を調べるために，ふ化後4日目（摂餌開始日），8日目，12日目及び17日目から絶食実験を行った．濾過海水を満たした1lビーカーに収容した仔魚の遊泳力が低下し，死亡個体が認められた時点でホルマリン固定した．

結　果

3月14日と19日に採集されたマイワシ卵は2つの発育段階から成り，卵選別の終了した群から順次実験に供した．この時点では，発育程度の低い卵（ここではstage Ⅰとして取り扱う）はのう胚期（gastrula stage）から神経胚期（neurula stage）の初期であり，一方，発育の進んだ卵（ここではstage Ⅱとして取り扱う）はBcからCa stage[14]の間であった．Fig. 2Aの写真はこれらの卵であるが，採集後かなり発育の進んだ段階で撮影したものである．3月28日に採集された卵は，14日及び19日のものに比べてやや発育が遅れた状態であった．また，stage Ⅰ及びⅡに相当する卵に加えてふ化直前の卵も採集された．当日の水温は他

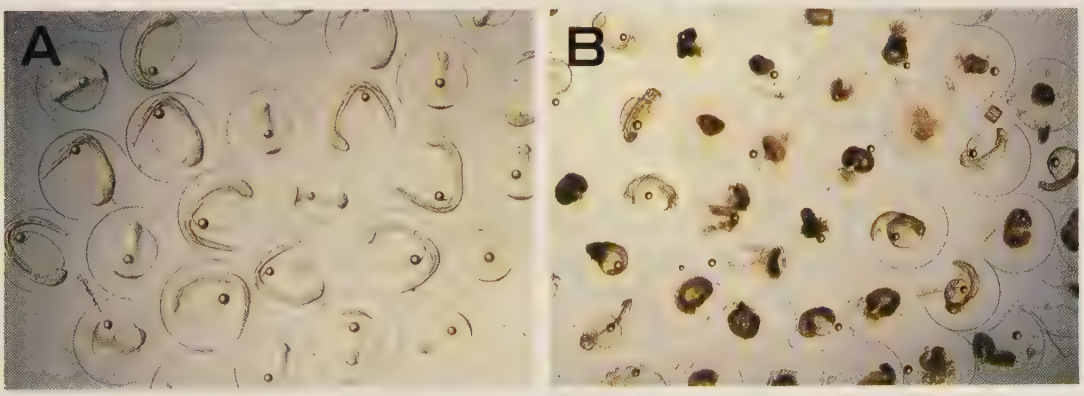


Fig. 2. 採集されたマイワシ生卵(A)及び死卵・破損卵(B)
Photographs of collected eggs of *Sardinops melanostictus*. A: alive eggs at two developmental stages. B: dead or destroyed eggs. These photographs were taken at about 8 hours after sampling time.

の採集日よりやや低く，産卵後の低水温が卵の発育に影響したものと思われた．

正常卵の他に死卵や破損・委縮卵も採集されたが(Fig. 2B)，以下の実験ではこれらを除去して行った．

1. ふ化

水温18（±0.1）℃における stage Ⅰ及びⅡ卵の全ふ化率と正常ふ化率は，ほとんどの場合，90%以上と高率であった．stage Ⅰ 卵の平均全ふ化率と平均正常ふ化率は，それぞれ，94.8%，92.6%であり，stage Ⅱ 卵の97.5%，96.0%に比べてやや低い値であった(Table 1)．

Table 1. ステージ別マイワシ卵の全ふ化率と正常ふ化率
Total and viable hatching rates incubated from stage Ⅰ and Ⅱ eggs of *Sardinops melanostictus*.

Sampling date	Egg stage	n	Total hatching rate(%)	Viable hatching rate(%)
Mar. 14	Ⅰ	69	92.8	89.9
14	Ⅰ	61	98.4	93.4
14	Ⅱ	96	96.9	96.9
14	Ⅱ	99	100.0	96.0
14	Ⅱ	99	98.0	98.0
Mar. 19	Ⅰ	99	97.0	94.9
19	Ⅰ	101	87.1	86.1
19	Ⅰ	91	98.9	98.9
19	Ⅱ	99	94.9	92.9
	Averege Ⅰ=		94.8	92.6
	Averege Ⅱ=		97.5	96.0

Table 2. 水温別マイワシ卵の全ふ化率と正常ふ化率
Total and viable hatching rates under three different temperatures in *Sardinops melanostictus*.

Temperature	n	Total hatching rate(%)	Viable hatching rate(%)
14℃	49	95.9	95.9
	50	96.0	90.0
Total	99	96.0	92.9
18℃	51	94.1	88.2
	49	95.9	95.9
Total	100	95.0	92.0
21℃	48	87.5	85.4
	50	68.0	66.0
Total	98	77.6	75.5

Table 3. 海水濃度別マイワシ卵の全ふ化率と正常ふ化率
Total and viable hatching rates under three different concentrations of sea water in *Sardinops melanostictus*.

Concentration of sea water	n	Total hatching rate(%)	Viable hatching rate(%)
7/8	50	98.0	96.0
	49	98.0	98.0
Total	99	98.0	97.0
3/4	50	96.0	84.0
	33	100.0	100.0
Total	83	97.6	90.4
1/2	52	73.1	51.9

stage Ⅰ 卵を水温14，18及び21（±0.1）℃でふ化させた結果を Table 2 に示した．14℃区の全ふ化率及び正常ふ化率は，それぞれ，96.0%，92.9%であり，18℃区と同様に高率であった．21℃区では，一例で死亡卵が多かったため，全体としては低いふ化率を示した．

次に，水温18（±0.1）℃下で海水濃度を3段階に変えて stage Ⅰ 卵のふ化率をみた（Table 3）．7/8海水区では全ふ化率及び正常ふ化率は，それぞれ，98.0%，97.0%と高率であった．3/4海水区では全ふ化率は高かったが，一部に極端に湾曲した異常ふ化仔魚が認められた．1/2海水区では全ふ化率も低く，異常ふ化仔魚も多く認められた．

2. 仔魚の飼育

ふ化直後の仔魚は大きな卵黄と1個の油球を有し，その生時平均全長は3.44㎜（3.25～3.60㎜，n=10）であり，固定後の測定では3.28㎜（3.05～3.45㎜，n=20）であった（Fig. 3A）．ふ化後1日+17.5時間の仔魚では，網膜にわずかに色素が沈着していた．卵黄はまだ比較的大きく，油球の大きさには個体によりかなり差があった（Fig. 3B）．Fig. 3C はふ化後2日+12時間の仔魚である．摂餌開始日の前日に当たり，黒色の網膜を持ち，口は開口していたが，まだ動いてい

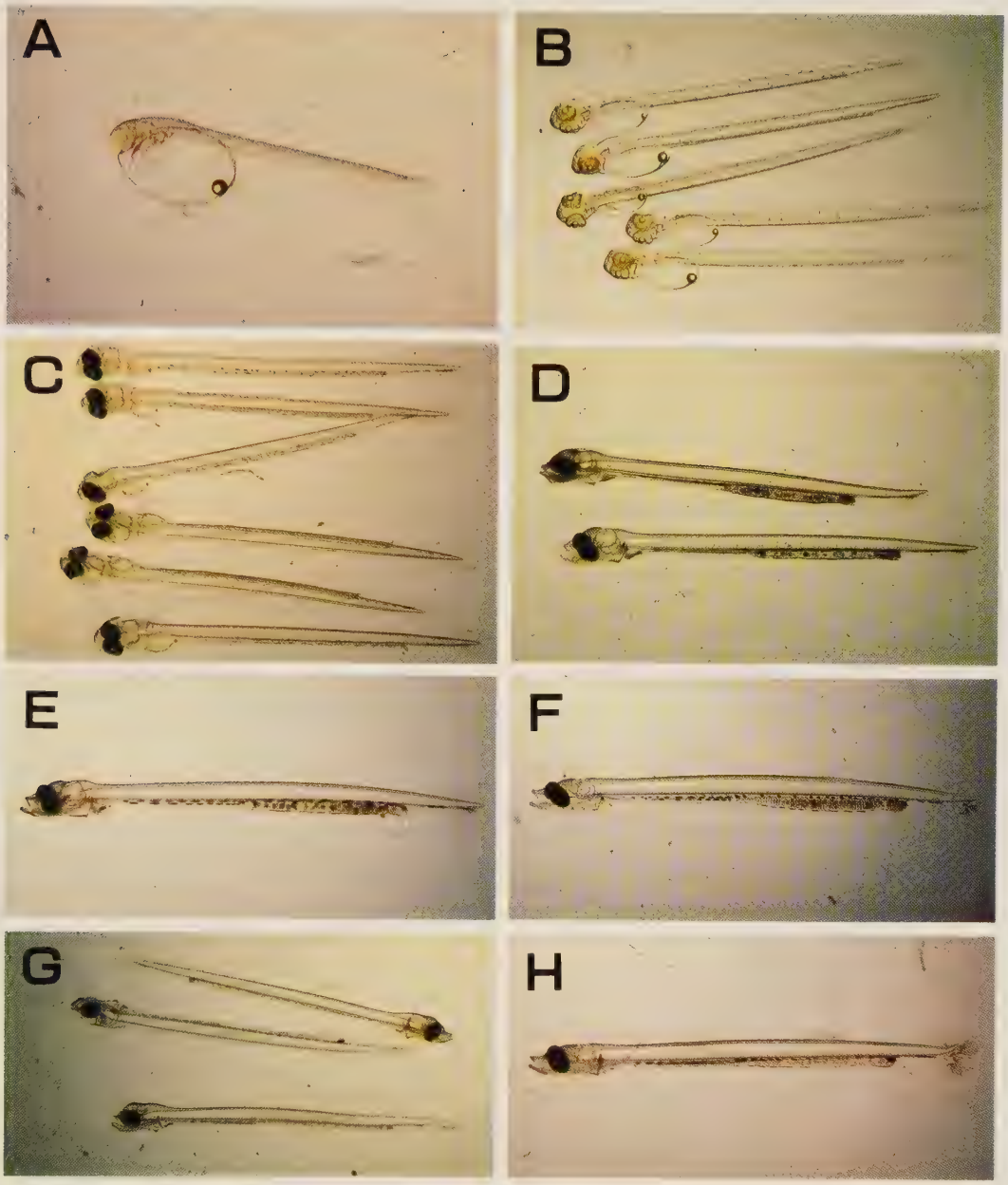


Fig. 3. 飼育されたマイワシ仔魚
Photographs of reared larvae of *Sardinops melanostictus*. A: immediate after hatching. About 3.4㎜ in total length. B: 1 day and 17.5 hours old after hatching. About 5.4㎜ TL. C: 2 days and 12 hours old. About 5.8㎜ TL. D: 3 days and 19.5 hours old. 6.1 and 6.0㎜ TL. At the day of first-feeding. E: 7 days and 14.5 hours old. 8.25㎜ TL. F: 16 days and 17 hours old. 12.0㎜ TL. G: starved larvae for about 3 days from first feeding stage. 6 days and 9 hours old. H: starved larva for about 3 days from the 17th day after hatching. 19 days and 18 hours old. 12.8㎜ TL.

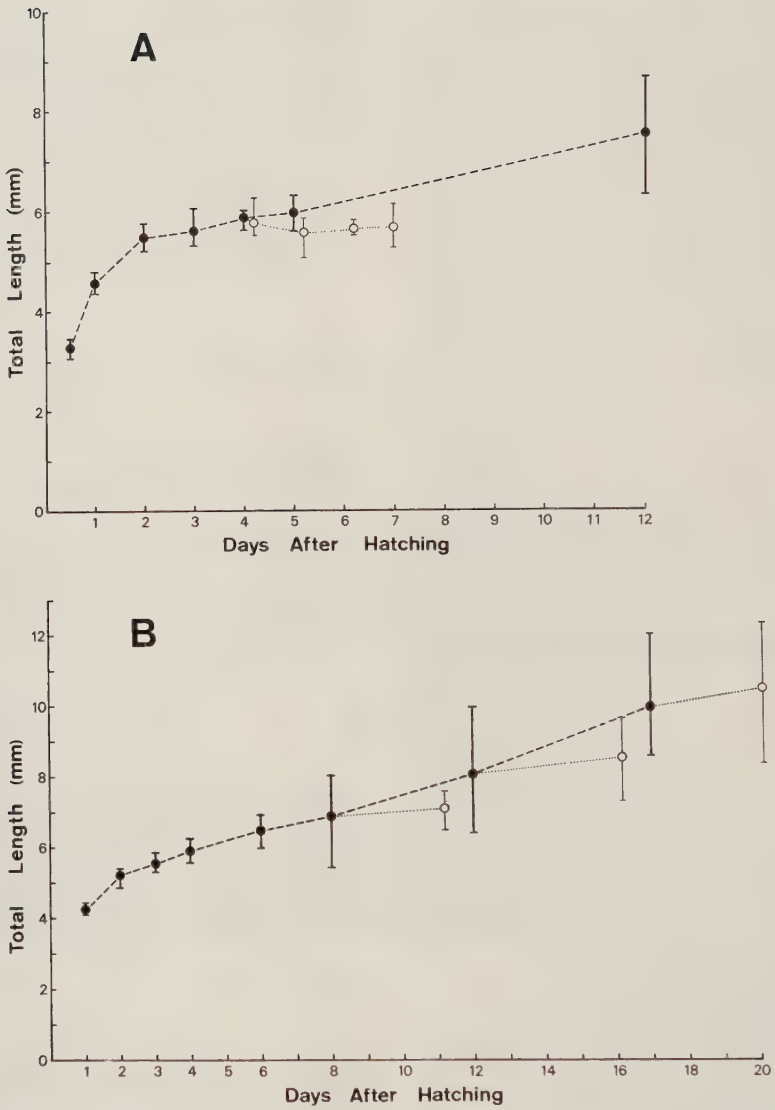


Fig. 4. 飼育マイワシの成長
Growth of reared larvae of *Sardinops melanostictus*. A: 1 *l* beaker. B: 5 *l* glass container. Solid circle shows average total length after fixation and open circle shows that of starved larvae. Vertical line shows the range.

なかった．卵黄は少し残り，油球は非常に小さくなっていた．仔魚の姿勢は頭を下にした浮遊状態であった．ふ化後4日目の朝には体を水平に保ち，他のシラス型仔魚と同様に体をS字型に曲げて餌にとびつく行動を示した．摂餌開始期の固定後全長は約5.7㎜であった．摂餌開始当初はS型ワムシの中でもより小型のものを捕食していたが，次第に比較的大きなワムシも消化管内に認められるようになった（Fig. 3D）．Fig. 3E はふ化後8日目，生時全長8.25㎜の仔魚である．ふ化後17日目，同12.00㎜の仔魚では，尾鰭や背鰭の担鰭骨や鰭条の原基が形成され，後期仔魚期の後半に入っていた（Fig. 3F）．

Fig. 4A は1lビーカーで飼育した場合の成長を示したもので，ふ化後12日目に固定後平均全長7.47㎜（6.25～8.60㎜，n＝11）となった．Fig. 4B は5l水槽で飼育した場合の成長で，ふ化後17日目には同9.87㎜（8.50～11.95㎜，n＝20）に達した．

摂餌開始期より絶食状態においたものでは，急激な体長の減少が認められた（Fig. 4A）．約2日間絶食させた後に投餌したところ，一部の個体は摂餌したが，大部分は頭を下にしているか，S字型行動を示しても餌にとびつかないものが多かった．Fig. 3G はふ化後7日目，絶食約3日の仔魚である．体は非常に細くなり，ほとんど遊泳力はなく，瀕死の状態である．ふ化後8日目，12日目及び17日目から絶食させたものでは3～4日で瀕死状態となった（Fig. 4B）．Fig. 3H はふ化後20日目，固定後全長12.80㎜，絶食約3日の仔魚である．

考　察

渡部[16]はマイワシの卵期の平均生残率を0.572としている．これは産卵調査で採集された様々な発育段階の卵の平均存在日数を推定し，その時点における生残率を計算したもので，ふ化までの生残率はこれより更に小さくなる．また，この値には被食による減耗等も含まれている．一方，今回のふ化実験によって得られた stage I 卵の全ふ化率及び正常ふ化率はほとんどの場合90%以上と高率であった．このことから，適当な環境条件の範囲内であれば卵自身の原因による減耗は少ないのではないかと考えられる．ただ，産卵直後から stage I までのごく初期の減耗については不明である．

Nakai[14]はマイワシ卵の発育速度と水温との関係を調べているが，水温とふ化率との関係については特に言及していない．今回の実験では，14℃でのふ化率は18℃とほぼ同じであった．ただ，21℃では一例で死亡卵が多く出現したため低い値となった．しかし，1989年に行った実験では，21℃でも特にふ化率が低い傾向は認められなかった*．今後，温度範囲を広げると共に実験例を増やす必要がある．南アフリカピルチャード *S. ocellata* では，全ふ化率及び正常ふ化率が90%以上となる温度範囲は，それぞれ，16.0～20.5℃，17.0～20.5℃であったと報告されている[6]．また，カリフォルニアサージン *S. caerulea* では，14℃未満ではふ化仔魚の死亡率が非常に高く，13℃未満では網膜の色素沈着や顎の形成に支障をきたすことが知られている[17]．従って，日本産マイワシについても，ふ化率だけでなく水温と摂餌開始期の生残率や摂餌成功率との関係なども調べる必要があろう．

塩分濃度とふ化率との関係について，Nakai[14]は通常の海水や2倍濃縮海水より1/4及び1/2希釈海水の方がふ化率が高かったとしている．今回の実験では，7/8海水区のふ化率は高かったが，1/2海水区では全ふ化率及び正常ふ化率とも低い値であった．沿岸域の表層付近では降雨による影響等で塩分濃度が変化しやすいため，この点について更に検討を要する．南アフリカピルチャードでは，33～36‰の塩分濃度の範囲内では卵の生残にはほとんど変化がなかったと報告されている[6]．

マイワシ仔魚は摂餌開始期より活発にS型ワムシを捕食し，特に飼育が困難な魚種とは思われなかった．しかし，通気や換水を行った際に死亡する個体が比較的多く認められたため，より大規模に長期間飼育するためには水質の保持のための工夫が必要であろう．

摂餌開始期のマイワシ仔魚は約2日間の絶食後に餌を与えられても，多くの個体は摂餌できなかった．すなわち，この時点で既に“point of no return”[18]を過ぎているものと考えられた．更に成長した仔魚でも3～4日で瀕死の状態に達した．発育段階の異なる仔稚魚について，様々な水温下での“point of no return”に達する期間を詳細に明らかにする必要がある．最近，チリピルチャード *S. sagax musica* の仔魚で絶食に伴う形態及び組織学的変化の過程が調べられた[9]．天然海域における飢餓による減耗率を推定するためには，日本産マイワシでもこのような検討が重要と思われる．

*松岡（未発表）

文 献

1) D. J. Miller 1952 : Development through the prolarval stage of artificially fertilized eggs of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). *California Fish and Game*, **38** (4), 587-595.

2) R. Lasker 1962 : Efficiency and rate of yolk utilization by developing embryos and larvae of the Pacific sardine *Sardinops caerulea* (Girard). *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **19** (5), 867-875.

3) G. O. Schumann 1965 : Some aspects of behavior in clupeoid larvae. *Rep. Cali. coop. oceanic Fish. Invest.*, **10**, 71-78.

4) Anon. 1967 : La Jolla first to raise mackerel and sardines to advanced juvenile stage. *Comml. Fish. Rev.*, **29** (2), 24-25.

5) A. N. Baker 1972 : Reproduction, early life history, and age-growth relationships of the New Zealand pilchard, *Sardinops neoplichardus* (Steindachner). *Fish. Res. Bull.*, (5), 64pp.

6) D. P. E. King 1977 : Influence of temperature, dissolved oxygen and salinity on incubation and early larval development of the South West African pilchard *Sardinops ocellata*. *Investl Rep. Div. Sea Fish. S. Afr.*, (114), 35pp.

7) M. Garretón y F. Balbontín 1982 : Efecto de la temperatura en el desarrollo embrionario y crecimiento inicial de las larvas de la sardina española, *Sardinops sagax musica*, en condiciones de laboratorio. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, **18** (1), 57-71.

8) C. L. Brownell 1983 : Laboratory rearing of Cape anchovy *Engraulis capensis* and South African pilchard *Sardinops ocellata* through metamorphosis. *S. Afr. J. mar. Sci.*, **1**, 181-188.

9) I. Uriarte y F. Balbontín 1987 : Caracterizacion del estado de hambruna en las larvas de sardina *Sardinops sagax musica* (Pisces, Clupeiformes), mediante criterios morfometricos e histologicos. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, **23** (1), 77-106.

10) 西川藤吉 1903：いわしの発生．水産調査報告，**12** (2)，1-5.

11) 岸谷尚志 1916：館山湾ニ於ケル浮性魚卵並ニ其稚児．水産講習所試験報告，**11** (5)，1-92.

12) 内田恵太郎 1943：魚類の生活史概説．海洋の科学，**3** (10)，427-436.

13) 小林久雄 1944：真鰯卵人工孵化の研究．海洋の科学，**4** (7)，290-295.

14) Z. Nakai 1962 : Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (Temminck & Schlegel). *Japan. J. Ichthyol.*, **9** (1-6), 1-115.

15) A. Hayashi, Y. Yamashita, K. Kawaguchi and T. Ishii 1989 : Rearing method and daily otolith ring of Japanese sardine larvae. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55** (6), 997-1000.

16) 渡部泰輔 1983：卵数法．「水産資源の解析と評価」(石井丈夫編，日本水産学会監修)，水産学シリーズ **46**，9-29，恒星社厚生閣，東京．

17) R. Lasker 1964 : An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, development, and growth of Pacific sardine embryos and larvae. *Copeia*, **1964** (2), 399-405.

18) J. H. S. Blaxter and G. Hempel 1963 : The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). *J. Cons. int. Explor. Mer.*, **28** (2), 211-240.

西水研研報　第67号，平成元年10月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No.67, October 1989

東シナ海・黄海産メイタガレイ類の比較研究—Ⅰ．分布，形態及び遺伝的差異

松岡正信*・谷口順彦**・藤田　矗*
北島忠弘*・時村宗春*

Comparative Studies on Two Types of Frog Flounder, *Pleuronichthys cornutus*, in the East China Sea and the Yellow Sea – Ⅰ. Distributional, Morphological and Genetic Differences

Masanobu MATSUOKA*, Nobuhiko TANIGUCHI**, Hitoshi FUJITA*, Tadahiro KITAJIMA* and Muneharu TOKIMURA*

Comparative examinations on two types of frog flounder, *Pleuronichthys cornutus*, in the East China Sea and the Yellow Sea, "Honmeita" and "Bakemeita (Nagaremeita)", were undertaken to clarify the distributional, morphological and genetic differences, using the specimens collected by the grid survey.

"Honmeita" type was mainly distributed in the north of Lat. 28° N., and most of "Bakemeita" type was in the south of Lat. 30° N., including a wide overlapping area. The latter was collected at deeper and warmer stations.

The average numbers of the dorsal, anal and pectoral fin rays in "Bakemeita" type were about 3, 4 and 0.4 fewer than in "Honmeita" type, respectively. The average number of the vertebrae in the former was about 1.4 fewer than in the latter. In "Honmeita" type, 97% of specimens had 13 or 14 abdominal vertebrae. On the other hand, 95% of specimens of "Bakemeita" type had 12. "Honmeita" type collected in the Yellow Sea had relatively fewer numbers of the meristic characters than in the East China Sea.

Twenty-two loci were detected by electrophoretic analysis from 15 isozyme and non-enzymatic protein systems for two types which were identified by color pattern. Complete allelic divergence between the two types was found in 8 loci; *Adh*, *Est*,

平成元年6月27日受理（Received June 27, 1989）
西海区水産研究所業績第457号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 457）
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）
**高知大学農学部栽培漁業学科　〒783 高知県南国市物部乙200（Department of Cultural Fisheries, Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783, Japan）

Ldh, *Idh-2*, *Mdh*, *Me*, *Mpi* and *Sp-3*. Significant difference in allele frequency between the two types was observed in 8 loci, *Aat-2*, *αGpd-1*, *αGpd-2*, *Gpi-1*, *Idh-1*, *Pgm*, *6Pgd* and *Sdh-1*. The polymorphism was found in 14 loci for type A, and 7 loci in type B. There was no case that the observed number of phenotype does not accord with the number expected from HARDY-WEINBERG eguilibrium. The genetic distance between the two types was 0.924, suggesting that these two types represent distinct species.

従来，日本産メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus* は1種とされてきたが，最近，この中にホンメイタ，バケメイタと称される2型が存在することが明らかとなってきた[1-5]．東シナ海・黄海においても両型の存在が認められている[6]．しかし，両型それぞれの分布，形態，成長，成熟等の生物学的特性については不明な点が多いため，詳細に比較検討する必要がある．

西海区水産研究所では，1986年より当海域のほぼ全域について底魚類資源調査を実施している．この調査により，当海域に広く分布するメイタガレイ類を採集することができた．本研究は，これらの標本をもとに，両型の冬期の分布，形態及び遺伝的差異について検討したものである．なお，長崎の以西底びき網漁業関係者は当海域産のバケメイタ型のことを「ナガレメダカ」と呼んでいることに因み，山田ら[6]は「ナガレメイタガレイ」と称しているが，本報では「バケメイタ型」として取り扱う．

本研究を行うにあたり，多くの有益な助言を戴いた西海区水産研究所　資源管理部　山田梅芳主任研究官に感謝の意を表する．また，調査にご協力戴いた長崎県立長崎水産高等学校練習船「長水丸」及び熊本県立水産高等学校練習船「熊本丸」の乗組員，練習生各位に心から御礼申し上げる．

方　　法

1．標本採集

分布及び形態の検討に用いた標本は，長崎県立長崎水産高等学校練習船「長水丸」を用船し，1986年1月14～30日，2月15～27日，3月13～26日の期間に採集

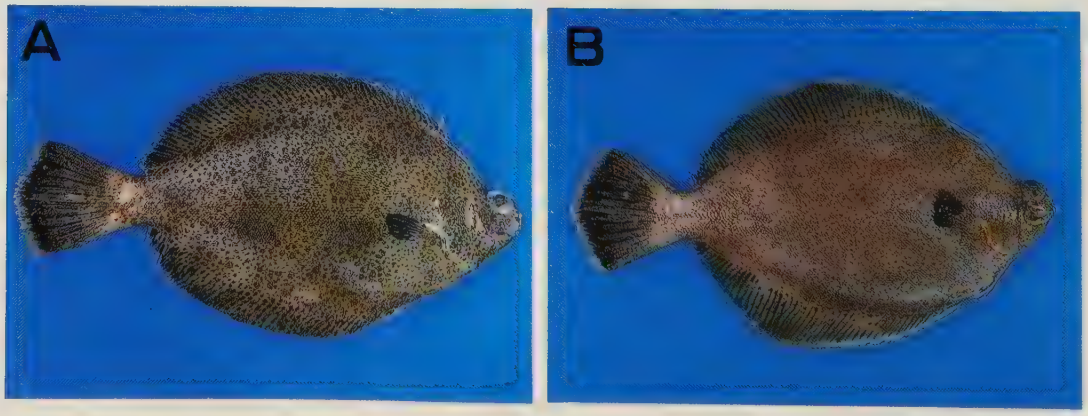


Fig. 1. ホンメイタ型（A）とバケメイタ型（B）
Ocular side of two types of frog flounder. A: "Honmeita" type, 190㎜ in total length. B: "Bakemeita" type, 180㎜ in total length. These specimens were collected at Lat. 28° 45′ N., Long. 125° 13′ E. on February 23, 1986.

した．東シナ海・黄海のほぼ全域にわたる156農林漁区について，各1回のトロールえい網（3ノット，1時間びき）及びDBTによる水温観測を行った．この調査の概要と採集結果の一部については，藤田ら[7]が報告している．この調査でホンメイタ型974個体，バケメイタ型750個体が採集され，すべてを凍結して持ち帰った．

遺伝学的な検討に用いた標本は，熊本県立水産高等学校練習船「熊本丸」を用船し，トロールえい網によって1987年6月29日～7月10日の期間に採集した．ホンメイタ型は310，319及び471農林漁区から得られた48個体（全長110～235㎜）で，バケメイタ型は485，496，502，506，513農林漁区から得られた48個体（全長126～198㎜）である．これらは，採集後直ちに凍結保存した．

2．形態計測

1986年採集の全標本を実験室で解凍し，全長と体重を測定した後，10%ホルマリンで固定した．更に，ホンメイタ型573個体，バケメイタ型249個体について，背鰭，臀鰭及び胸鰭条数（有眼側）を計測した．これらの結果は，採集地点の緯度によって，Ⅰ区（北緯34°以北），Ⅱ区（32～34°），Ⅲ区（30～32°），Ⅳ区（28～30°）及びⅤ区（28°以南）に分け（Fig. 2 参照），それぞれ平均値の差の検定を行った．脊椎骨数はホンメイタ型178個体（Ⅰ区50，Ⅱ区28，Ⅲ区50，Ⅳ区50個体），バケメイタ型100個体（Ⅳ区50，Ⅴ区50個体）について軟X線写真を撮影し，腹椎骨と尾椎骨に分けて計数した．この結果についても，同様の検定を行った．

3．電気泳動法

凍結保存した供試魚を用いて，デンプンゲル法により電気泳動分析を行った．その方法の詳細は谷口・岡田[8]と同様である．分析した酵素，非酵素蛋白，推定した遺伝子座及び用いた組織をTable 1 に示した．

Table 1. 検出した酵素，推定されたアイソザイム遺伝子座及び用いた組織
The list of enzymes examined, locus and tissue assayed.

Enzyme and abbreviation	Locus	Tissue
Alcohol dehydrogenase (ADH)	*Adh*	Liver
αGlycerophosphate dehydrogenase (αGPD)	*αGpd-1*	Liver
	αGpd-2	Muscle
Aspartate amino transferase (AAT)	*Aat-2*	Liver, Muscle
Esterase (EST)	*Est*	Liver
Glucosephosphate isomerase (GPI)	*Gpi-1*	Liver
	Gpi-2	Muscle
Isocitorate dehydrogenase (IDH)	*Idh-1*	Liver
	Idh-2	Muscle
Lactate dehydrogenase (LDH)	*Ldh*	Muscle
Malate dehydrogenase (MDH)	*Mdh-1*	Muscle
	Mdh-2	Muscle
Malic enzyme (ME)	*Me*	Muscle
Mannosephoshate isomerase (MPI)	*Mpi*	Liver
Phosphoglucomutase (PGM)	*Pgm*	Liver, Muscle
6Phosphogluconate dehydrogenase (6PGD)	*6Pgd*	Liver, Muscle
Sarcoplasmic protein (SP)	*Sp-1*	Muscle
	Sp-2	Muscle
	Sp-3	Muscle
Sorbitol dehydrogenase (SDH)	*Sdh-1*	Liver
	Sdh-2	Muscle
Superoxide dismutase (SOD)	*Sod*	Liver

結　　果

採集されたホンメイタ型とバケメイタ型を Fig. 1 に示す．山田ら[6] は両型は有眼側の斑点の形状に違いがある（前者の斑点の縁辺には著しい凹凸があり，後者では縁辺の丸い小斑点が散在する）としており，本研究でもこれに従って識別した．

1. 冬期の分布

Fig. 2 には，1986年1～3月の調査で採集されたホンメイタ型とバケメイタ型の分布を一網当たりの個体数で示している．ホンメイタ型はほぼ北緯28° 以北の

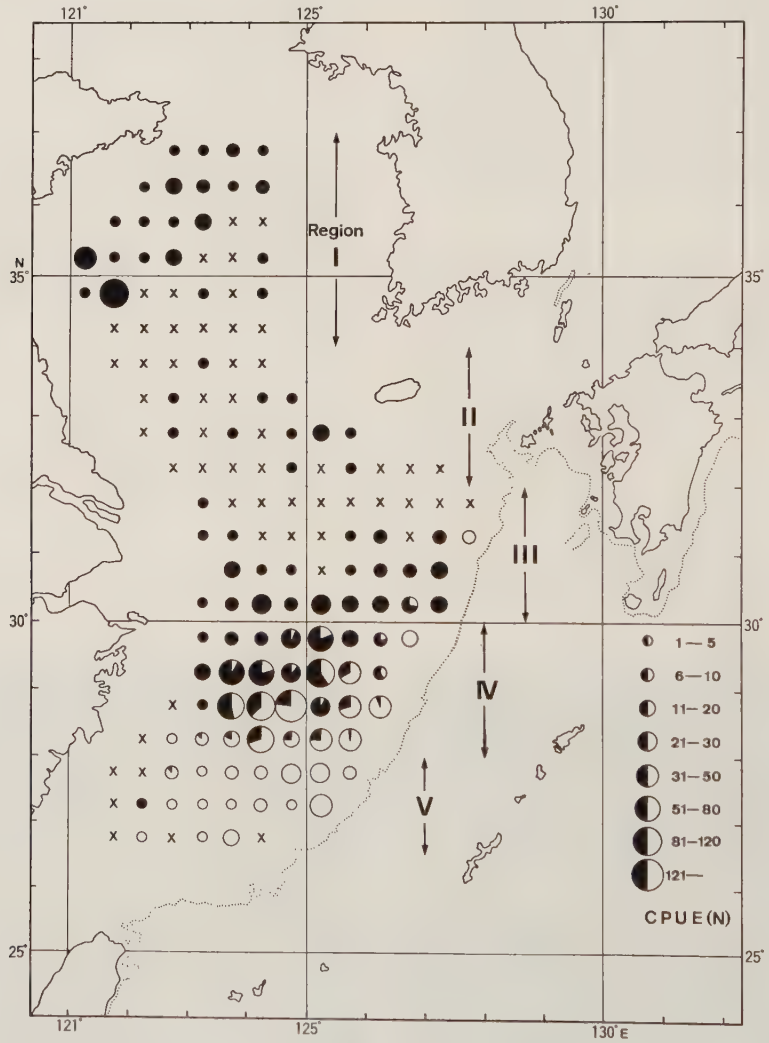


Fig. 2. 1986年1月～3月におけるホンメイタ型（黒丸）とバケメイタ型（白丸）の分布
Distribution of two types of frog flounder, during January to March, 1986. Solid circle, "Honmeita" type; open circle, "Bakemeita" type; cross, none collected. The size of circle is in proportion to the numbers of individuals per tow. In the stations where both types were collected, the circle is divided by each numbers. Sampling area is divided to region I～V by latitude, for the analysis of meristic characters of specimens.

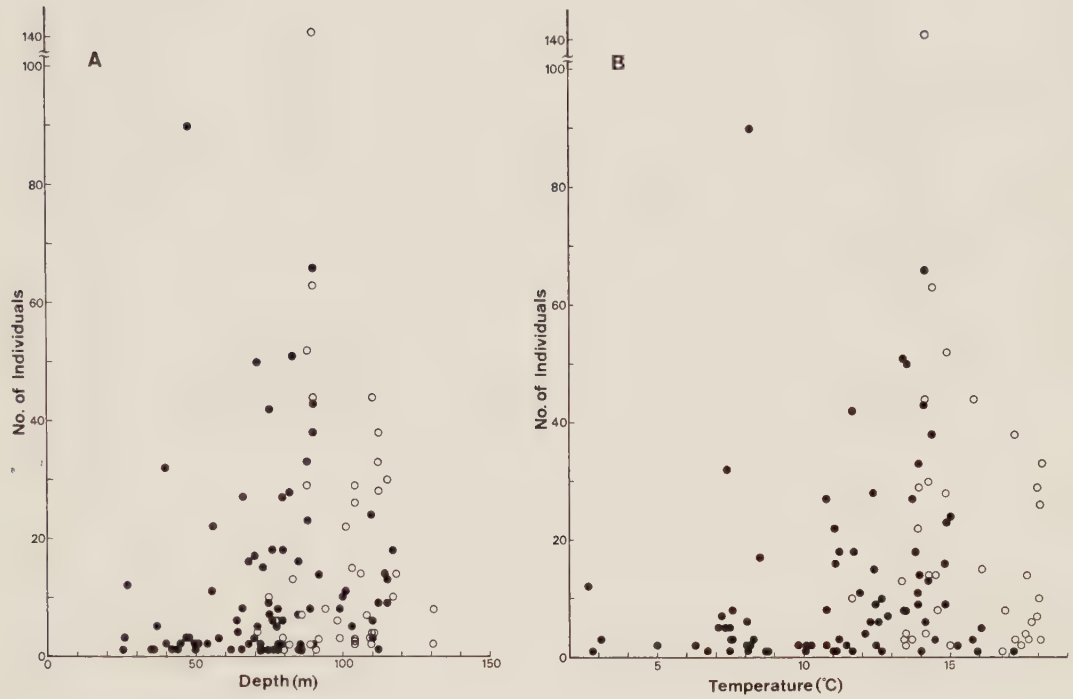


Fig. 3. 採集地点の水深（A）及び底層水温（B）と採集個体数の関係（黒丸，ホンメイタ型；白丸，バケメイタ型）
Relationships between the number of individuals of two types of frog flounder and depth at stations, and between that and bottom temperature at stations. A: depth. B: temperature. Solid circle, "Honmeita" type; open circle, "Bakemeita" type.

東シナ海中央部に広く分布する他，黄海域にやや濃密な分布がみられ，済州島の西側でも僅かに採集された．一方，バケメイタ型の主分布域は北緯30° 以南であったが，大陸棚縁辺部に沿ったやや北側でも一部採集された．北緯28° から30° にかけてはホンメイタ型とバケメイタ型が重複して分布していた．

採集地点の水深と採集個体数の関係についてみると，ホンメイタ型は水深25mから117mまでの広い範囲にわたって認められた．バケメイタ型は水深71mから131mで，特に100m前後を中心とした深い海域に偏っていた（Fig. 3A）．採集地点の底層水温と採集個体数の関係では，ホンメイタ型は2.6〜17.2℃と広い水温範囲で認められた．一方，バケメイタ型は11.6〜18.1℃，特に14℃以上で多く採集された（Fig. 3B）．

採集されたホンメイタ型は全長108mmから292mm，バケメイタ型は同106mmから230mmであり，全長231mm以上の大型個体はすべてホンメイタ型であった．それぞれの体長組成を赤嶺・加藤[9]の分析法を用いて分解したところ，各年級群に相当すると思われる各正規分布の平均値には，両型の間でかなり差が認められた（Fig. 4）．

2. 計数形質

各区から採集されたホンメイタ型の背鰭，臀鰭，胸鰭条数の頻度分布と平均値を Fig. 5 に示す．背鰭条数では，Ⅰ区の平均値が77.95と他区に比べやや小さい傾向が認められた．平均値の差の検定では，Ⅰ区はⅡ区に対して5％レベルで，Ⅲ区とⅣ区に対しては0.1％レベルで有意差が認められた．しかし，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ区の間では有意差はなかった．臀鰭及び胸鰭条数の平均値は，背鰭条数の場合と同様にⅠ区の値が小さく，Ⅲ区とⅣ区に対して0.1％レベルで有意差が認められた．他の組み合わせでは有意差はなかった．

Ⅳ区とⅤ区のバケメイタ型の各鰭条数の頻度分布と

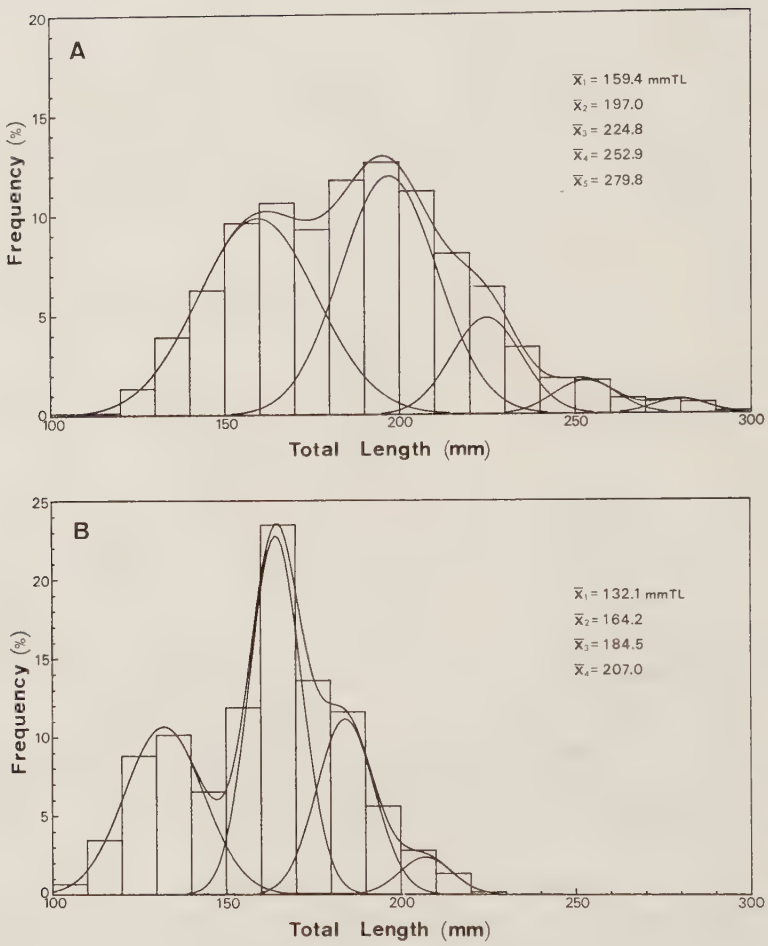


Fig. 4. 採集されたホンメイタ型（A）とバケメイタ型（B）の体長組成
Size compositions of two types of frog flounder. A: "Honmeita" type. B: "Bakemeita" type. Histograms are divided to each normal distribution. The mean values of each normal distribution are shown on the right side.

平均値を Fig. 6 に示す．両区間の検定では，背鰭条数は1％レベルで有意，臀鰭条数には差がなく，胸鰭条数は5％レベルで有意差があった．Ⅳ区の背鰭及び胸鰭条数はⅤ区に対してやや少ない傾向があった．

全区におけるホンメイタ型とバケメイタ型の各鰭条数をまとめて比較すると（Fig. 7），バケメイタ型の各鰭条数はホンメイタ型に比べて明らかに少なく，背鰭，臀鰭，胸鰭とも0.1％レベルで有意差があった．Fig. 7 のホンメイタ型の点描部分は，バケメイタ型と重複あるいは近接して分布するⅢ区及びⅣ区のもので，その平均値を括弧の中に示している．Ⅲ・Ⅳ区のホンメイタ型とバケメイタ型の各鰭条数平均値では，後者は前者に対して，背鰭では約3本，臀鰭では4本，胸鰭では0.4本少ない傾向にあった．

各区のホンメイタ型とバケメイタ型の全脊椎骨数，腹椎骨数及び尾椎骨数の頻度分布と平均値を Fig. 8 に示す．ホンメイタ型の全脊椎骨数平均値は，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ区間では差がなく，Ⅰ区はこれらの区に対してそれぞれ0.1％レベルで有意に少ない傾向があった．腹椎骨と尾椎骨についてみると，腹椎骨数には各区でほとんど差がなく，尾椎骨がⅠ区で少ない傾向が認められた．一方，Ⅳ区とⅤ区のバケメイタ型では，全脊椎骨

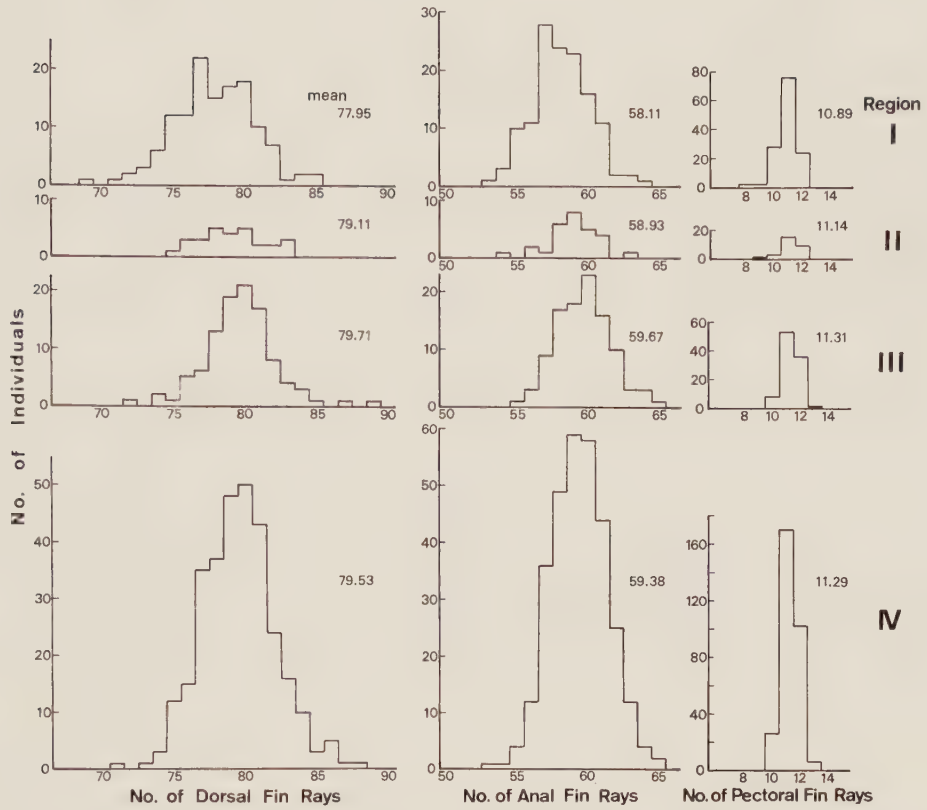


Fig. 5. Ⅰ～Ⅳ各区のホンメイタ型における背鰭，臀鰭及び胸鰭条数の頻度分布
Histograms of the numbers of the dorsal, anal and pectoral fin rays in "Honmeita" type of frog flounder collected in each of region Ⅰ～Ⅳ. The mean value is shown on the right side.

数，腹椎骨数，尾椎骨数ともほとんど差はなかった．

全区におけるホンメイタ型とバケメイタ型の脊椎骨数をまとめて比較すると（Fig. 9），全脊椎骨数は明らかにバケメイタ型の方が少なく，両型間には0.1%レベルの有意差があったが，37個の部分ではかなり重複していた．Fig. 9 のホンメイタ型の点描部分はⅢ区とⅣ区のもので，その平均値を括弧の中に示している．Ⅲ・Ⅳ区のホンメイタ型とバケメイタ型の全脊椎骨数平均値では，1.4個後者の方が少なかった．腹椎骨と尾椎骨についてみると，尾椎骨数では両型とも大部分の個体が24又は25個であったが，腹椎骨数ではかなり明瞭な差が認められた．今回の観察結果では，ホンメイタ型の97%の個体が13又は14個の腹椎骨を持ち，バケメイタ型の95%の個体が12個であった．

3. 遺伝的差異

15酵素・非酵素蛋白の電気泳動分析の結果，22遺伝子座が同定された．それらの内，*Adh*, *Est*, *Ldh*, *Idh-2*, *Mdh*, *Me*, *Mpi*, *Sp 3* の8遺伝子座においてメイタガレイの2型間で対立遺伝子の分岐が認められた．これらの遺伝子座は両型の個体判別に有効と考えられる．また，*Aat-2*, *αGpd-1*, *αGpd-2*, *Gpi-1*, *Idh-1*, *Pgm*, *6Pgd.*, *Sdh-1* の8遺伝子座では両型間で対立遺伝子頻度に有意差が認められた．ホンメイタ型（type A）では14遺伝子座が，バケメイタ型（type B）では7遺伝子座が多型的（遺伝的変異を含むこと）であった．それぞれの型内で多型的遺伝子座において各表現型の観察値と期待値の間で有意差検定を行ったが，有意差の認められる例は全くなかった．このことは，ホンメイタ型及びバケメイタ型に識別され

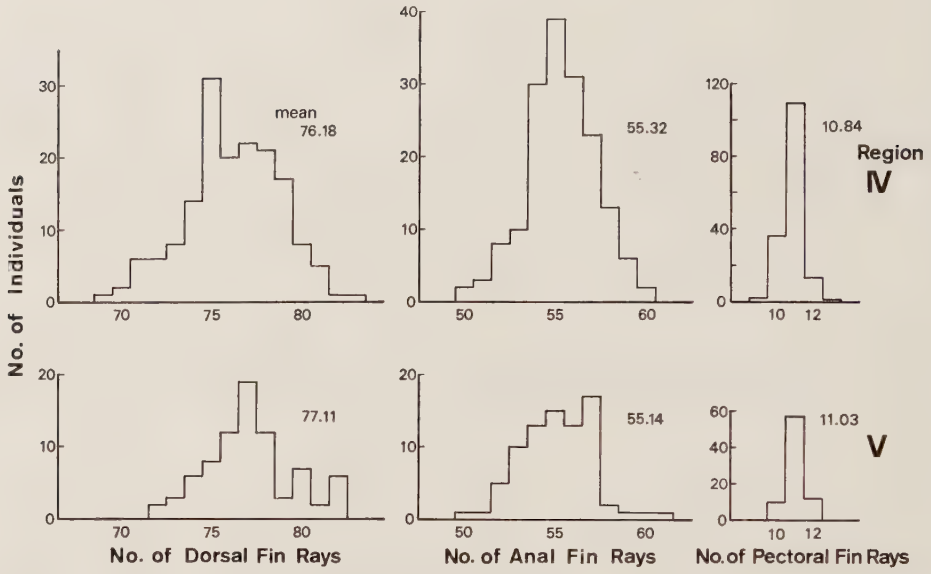


Fig. 6. Ⅳ・Ⅴ各区のバケメイタ型における背鰭，臀鰭及び胸鰭条数の頻度分布
Histograms of the numbers of the dorsal, anal and pectoral fin rays in "Bakemeita" type of frog flounder collected in each of region IV and V. The mean value is shown on the right side.

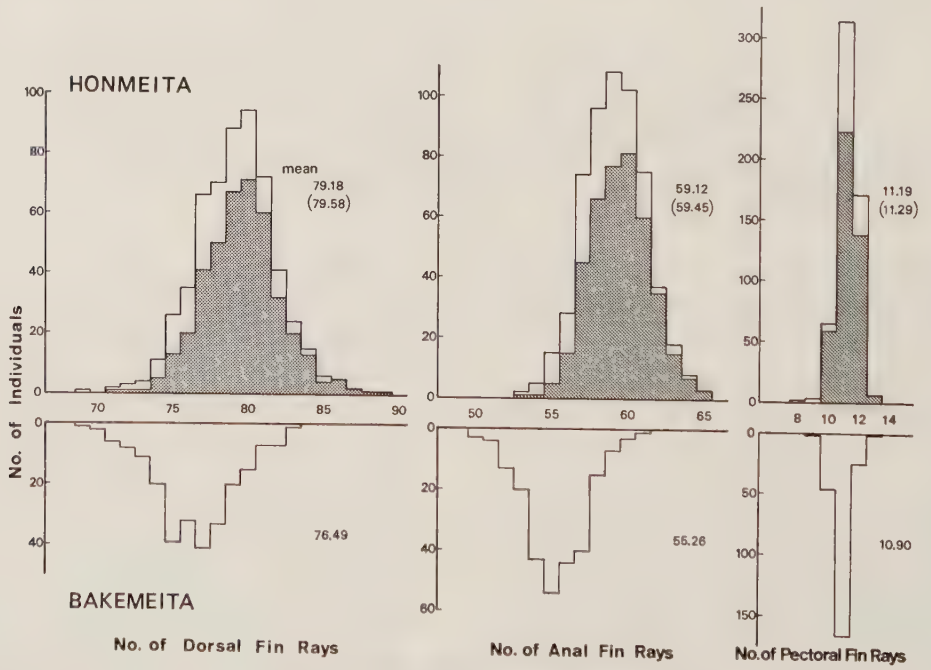


Fig. 7. 全区のホンメイタ型とバケメイタ型における背鰭，臀鰭及び胸鰭条数の頻度分布
Histograms of the numbers of the dorsal, anal and pectoral fin rays in "Honmeita" and "Bakemeita" types of frog flounder collected in all regions. The mean value is shown on the right side. Shaded area shows "Honmeita" type collected in region III and IV, and its mean value is shown in parentheses.

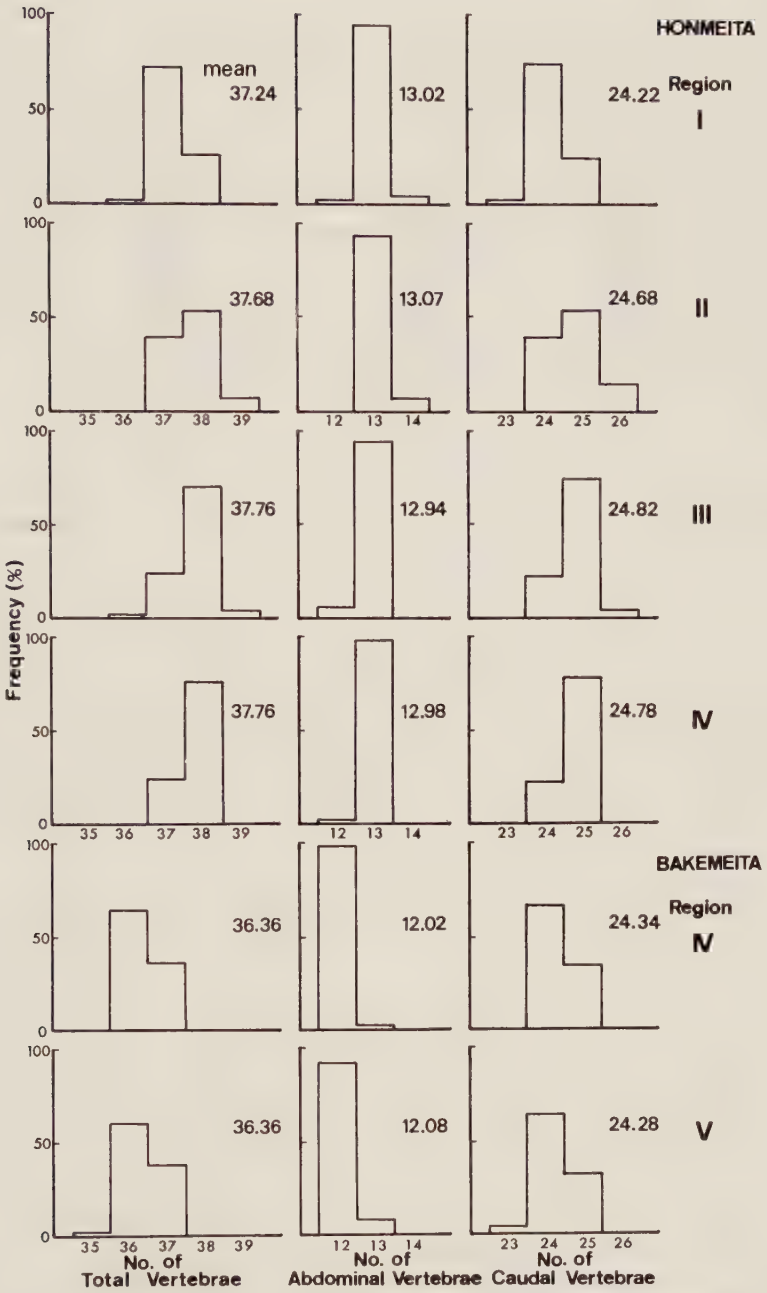


Fig. 8. Ⅰ～Ⅴ 各区のホンメイタ型とバケメイタ型における全脊椎骨数，腹椎骨数及び尾椎骨数の頻度分布

Histograms of the numbers of total, abdominal and caudal vertebrae in "Honmeita" and "Bakemeita" types of frog flounder collected in each of region Ⅰ～Ⅴ. The mean value is shown on the right side.

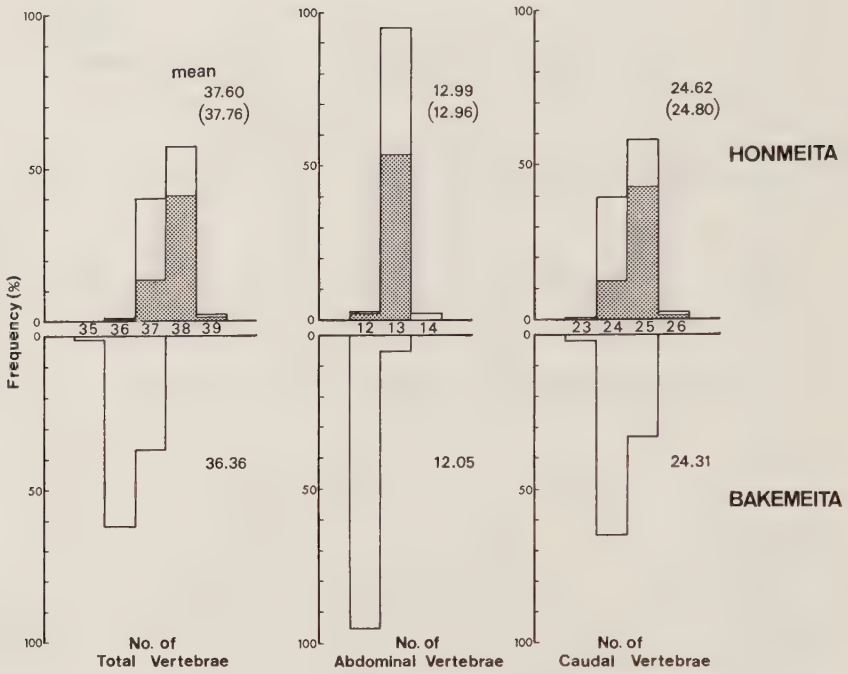


Fig. 9. 全区のホンメイタ型とバケメイタ型における全脊椎骨数，腹椎骨数及び尾椎骨数の頻度分布
Histograms of the numbers of total, abdominal and caudal vertebrae in "Honmeita" and "Bakemeita" types of frog flounder collected in all regions. The mean value is shown on the right side. Shaded area shows "Honmeita" type collected in region III and IV, and its mean value is shown in parentheses.

た標本群のそれぞれが相互に遺伝的に独立した繁殖集団を代表することを示している（Table 2）．

考　察

ホンメイタ型とバケメイタ型の識別に関して，瀬戸内海東部海域産のものを調べた渡辺・沼知[5]は，斑紋等で両型を識別するのは困難であったとしている．一方，加藤・藤尾[1]，野沢・加藤[2]，中坊ら[3]及び山田ら[6]の報告では，両型の有眼側の斑点には大きさ，形態あるいは分布密度において違いがあるとされている．今回の観察結果では，両型は山田ら[6]が報告しているように斑点の形態（丸いか凹凸があるか）によってほぼ識別が可能であった．ただ，両型が重複して分布する海域では，バケメイタ型の一部に小さな丸い斑点ではなく，ぼんやり拡大した斑点を持つ個体も認められた．

Table 2 に示したサンプルのA型48個体及びB型48個体はそれぞれ電気泳動分析の前に予め斑点の形態によりホンメイタ型とバケメイタ型と同定されたものである．A型及びB型の標本が，*Adh*, *Est*, *Ldh*, *Idh-2*, *Mdh*, *Me*, *Mpi*, *Sp-3* の8遺伝子座において，それぞれに特異な表現型を示したことは，ホンメイタ型とバケメイタ型が斑点の形態により個体レベルで正しく同定されたことを示している．ただ，上述のやや紛らわしい斑点を備える個体については再調査し，種間雑種の有無などについて詳しく検討を行う必要があろう．メイタガレイ2型間の遺伝的距離（D値）[10]を22遺伝子座の遺伝子頻度に基づき算出したところ，D

値は0.9243であった．この値は海産魚の同属内種間の平均的D値[11]より高く，2型がそれぞれ明瞭な種であることが示唆された．

ホンメイタ型とバケメイタ型の分布に関する知見は非常に少ない．東シナ海・黄海産のものについて，山田ら[6]は前者は北緯30°以北に，後者はそれ以南に分布し，ある程度地理的に隔離されているとしている．今回の調査結果では，両型は北緯28°から30°にかけてかなり広い範囲にわたって重複して分布していた．その後の調査によって，このような広い重複分布域は冬期以外でも確認されている*．採集地点の水深及び底層水温と採集個体数との関係（Fig. 3）から，当海域産のバケメイタ型はホンメイタ型に対して，より深い，暖かい海域に分布することが明らかとなった．水深と水温では，やや水温の方が両型の重複域が少なく，より分布に影響しているのではないかと考えられる．また，両型の隔離機構については，渡辺・沼知[5]の指摘及び今回の調査結果からも両型が同所的に分布することは明らかで，地理的隔離は考えられず，産卵

*松岡ら（未発表）

Table 2. メイタガレイ2型におけるアイソザイム遺伝子頻度
Allele frequencies in two types of frog flounder.

Locus	Allele	Type* A	Type* B
Adh	300	0	1.000
	100	1.000	0
αGpd-1	100	0.865	1.000
	75	0.135	0
αGpd-2	50	0	0.646
	-100	0.990	0.292
	-150	0.010	0.062
Aat-2	-75	0.135	1.000
	-100	0.865	0
Est	100	1.000	0
	60	0	1.000
Gpi-1	110	0	0.740
	100	0.896	0
	90	0	0.260
	80	0.083	0
	60	0.021	0
Gpi-2	-50	0.083	0
	-100	0.896	0.813
	-150	0.021	0.188
Idh-1	140	0	0.021
	120	0.125	0.958
	100	0.865	0.021
	80	0.010	0
Idh-2	120	0.010	0
	100	0.990	0
	80	0	1.000
Ldh	-95	0	1.000
	-100	1.000	0
Mdh-1	100	0.990	1.000
	80	0.010	0
Mdh-2	100	1.000	0
	70	0	1.000
Me	110	0	1.000
	100	1.000	0
Mpi	130	0	0.031
	120	0	0.271
	110	0	0.698
	100	1.000	0
Pgm	200	0.010	0
	150	0.375	0
	130	0	0.010
	100	0.615	0.010
	80	0	0.010
	60	0	0.970
6Pgd	130	0.042	0.010
	100	0.958	0.625
	70	0	0.042
	50	0	0.323
Sp-1	100	1.000	1.000
Sp-2	-100	1.000	1.000
Sp-3	-100	1.000	0
	-110	0	1.000
Sdh-1	140	0.136	1.000
	100	0.833	0
	60	0.031	0
Sdh-2	100	1.000	1.000
Sod	100	0.990	1.000
	50	0.010	0
N		48	48

*Type A and type B, "Honmeita" and "Bakemeita" in Japanese, were identified by color pattern before electrophoretic analysis.

Table 3. ホンメイタ型とバケメイタ型の計数形質の比較
Comparison of meristic characters between two types of frog flounder, "Honmeita" and "Bakemeita".

Refference	Sampling area	Location	No. of vertebrae		No. of dorsal fin rays		No. of anal fin rays	
			Honmeita mean (range)	Bakemeita mean (range)	Honmeita mean (range)	Bakemeita mean (range)	Honmeita mean (range)	Bakemeita mean (range)
KATO & FUJIO[1]	Sendai Bay, Pacific Ocean	—	36.0 (35-37)	35.4 (34-37)	76.3 (72-84)	74.3 (65-80)	56.2 (53-61)	54.0 (50-57)
NOZAWA & KATO[2]	Off Tottori, Japan Sea	—	36.40(36-38)	35.42(35-37)	74.50(71-81)	72.43(67-77)	55.32(51-59)	53.60(50-57)
WATANABE & NUMACHI[5]	Eastern part of Seto Inland Sea	TH	36.96(35-38)	—	77.32(72-84)	—	56.85(53-62)	—
		TK	36.68(36-38)	—	76.36(72-82)	—	57.67(53-60)	—
		WK	36.40(35-37)	36.75(36-38)	78.64(74-84)	74.42(71-78)	57.73(54-61)	52.55(47-56)
YAMADA *et al.*[6]	East China Sea	—	37.6 (36-38)	36.5 (36-37)	80.2 (76-85)	77.3 (70-82)	59.2 (55-63)	55.0 (50-59)
present study	East China Sea & Yellow Sea	I	37.24(36-38)	—	77.95(69-85)	—	58.11(53-64)	—
		II	37.68(37-39)	—	79.11(75-83)	—	58.93(54-63)	—
		III	37.76(36-39)	—	79.71(72-89)	—	59.67(55-65)	—
		IV	37.76(37-38)	36.36(36-37)	79.53(71-88)	76.18(69-83)	59.38(53-65)	55.32(50-60)
		V	—	36.36(35-37)	—	77.11(72-82)	—	55.14(50-61)
		All	37.60(36-39)	36.36(35-37)	79.18(69-89)	76.49(69-83)	59.12(53-65)	55.26(50-61)

期に違いがあるかどうかについて，今後検討する必要がある．

Table 3にホンメイタ型とバケメイタ型における計数形質の主な観察例をまとめて示している．両型の計数形質の計数値を比較すると，前者の方がより高い値を示す傾向にあることはこれまでにも報告されている[1-5]．今回，東シナ海・黄海の広い範囲から採集された標本の観察結果でもこのことが確認され，脊椎骨数，背鰭条数，臀鰭条数，胸鰭条数の何れにおいても，0.1%レベルで有意差があった．特に，中坊ら[3]，山田ら[6]及び山田・田川[12]も指摘しているように，脊椎骨数の中でも腹椎骨数の差が大きく，この形質だけでもかなり高い精度で分離された．また，東シナ海・黄海産メイタガレイ類は，本州沿岸のものに比べて計数形質の計数値が高いのが特徴的である（Table 3）[6]．ホンメイタ型の中では，黄海域（I区）のものはより南のものと比べて，脊椎骨数や鰭条数が少ない傾向があった．黄海域のホンメイタ型は南のホンメイタ型とやや不連続に分布しているようであり，このような計数形質の差は，系群の違いを示唆するものかもしれない．瀬戸内海東部海域のホンメイタ型でも，採集海域の違う群間で脊椎骨数や体各部の相対成長に差のある場合があると報告されている[5]．

ホンメイタ型とバケメイタ型のサイズや成長を比較した例はこれまでほとんどない．陳・大滝[13]は東シナ海・黄海産メイタガレイの成長を調べているが，標本の採集海域からみて，この中にはホンメイタ型とバケメイタ型が混じっていた可能性がある．Fig. 4から明らかなように，ホンメイタ型の最大体長はバケメイタ型に比べてかなり大きい．また，体長組成の分析結果からも，両型の間には成長に大きな差があるものと推定される．南[14]はバケメイタ型の仔魚はホンメイタ型のものに比べて，変態が進行するサイズが小さいと指摘している．

東シナ海・黄海における両型の漁獲割合について，山田ら[6]はホンメイタ型が8～9割，バケメイタ型が1～2割と推定している．1986年1月～3月の採集結果と同時期の以西底びき網漁業の漁獲統計を比較検討したところ，約400トンの漁獲量のうち，83%がホンメイタ型，17%がバケメイタ型と推定された．冬期以外では，南の海域に多く出漁する傾向があるため，後者の比率はこの推定値より高くなる可能性がある．また，水揚げされた漁獲物を調べたところ，その大部分が全長150㎜以上であったことから，小型個体の多いバケメイタ型では，かなりの部分が投棄されているものと推定される．

文　献

1) 加藤康成・藤尾芳久　1979：メイタガレイの同胞種について．水産育種，(4)，10-12.

2) 野沢正俊・加藤史彦　1981：鳥取県沖日本海産メイタガレイの2型，ホンメイタとバケメイタの形態比較．日本海区水産研究所研究報告，(32)，1-8.

3) 中坊徹次・川島隆寿・安達二朗　1985：メイタガレイ2型の形態学的判別と分類学的取り扱い方．昭和60年度日本水産学会春季大会　講演要旨集，p. 98.

4) 北島　力・林田豪介・安元　進　1988：メイタガレイ仔稚魚の飼育と形態の変化．魚類学雑誌，**35**(1)，69-77.

5) 渡辺健一・沼知健一　1988：瀬戸内海東部海域のメイタガレイ同胞種の遺伝生化学的検出と形態学的検討．日本水産学会誌，**54**(5)，765-772.

6) 山田梅芳・田川　勝・岸田周三・本城康至　1986：東シナ海・黄海のさかな．501pp.，水産庁西海区水産研究所，長崎．

7) 藤田　矗・北島忠弘・松岡正信　1988：調査船の全域調査からみた東シナ海・黄海の冬期の主要底魚類の分布．漁業資源研究会議　西日本底魚部会報，(16)，69-81.

8) 谷口順彦・岡田容典　1980：マダイの生化学的多型に関する遺伝学的研究．日本水産学会誌，**46**(4)，437-443.

9) 赤嶺達郎・加藤史彦　1988：複合正規分布のパラメータ推定．「パソコンによる資源解析プログラム集」（東海区水産研究所　数理統計部編），177-188，東海区水産研究所，東京．

10) M. Nei　1972：Genetic distance between populations. *Amer. Natl.*, **106**, 283-292.

11) N. Taniguchi, M. Fujita and M. Akazaki 1986 : Genetic divergence and systematics in sparid fish from Japan. In "Indo-Pacific Fish Biology" (ed. by T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi and K. Matsuura), 849-858, The Ichthyological Society of Japan, Tokyo.

12) 山田梅芳・田川　勝　1985：地方名ナガレメダカ．西海区水産研究所ニュース，(50)，p. 1.

13) 陳　哲聡・大滝英夫　1974：東シナ海・黄海産メイタガレイの資源生物学的研究．西海区水産研究所研究報告，(46)，1-20.

14) 南　卓志　1988：カレイ科．「日本産稚魚図鑑」(沖山宗雄編)，927-955，東海大学出版会，東京．

西水研研報 第67号，平成元年10月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 67 October 1989

対馬近海産タチウオの年齢と成長

花 渕 靖 子*

Age and Growth of Cutlassfish, *Trichiurus lepturus*, in the Tsushima Waters

Seiko HANABUCHI

ABSTRACT

Age and growth of the cutlassfish, *Trichiurus leputurus*, were examined by the otolith-method, using a total of 9,592 fish collected in the Tsushima waters, the southwestern Japan Sea, during the years from 1967 to 1987. Age mark of the otolith was easily recognized by the transparent band. Within the spawning period from mid-April to early November, three seasonal (spring, summer and fall) brood groups could be specified basing on the size of first mark(r_1). Reciprocal relationships in the strength of brood groups were suggested to exist between the spring and the summer group, and also between the summer and the fall group. The periodicity of mark formation was indicated with WALFORD's plot. Trend of monthly changes in the marginal growth index suggested that the mark-forming period extend from November to March with a peak in January. Growth of the cutlassfish was expressed by the following equations,

$l_t = 502.5(1-e^{-0.409(t+0.491)})$, for males of the spring brood group.

$l_t = 438.7(1-e^{-0.481(t+0.458)})$, for females of the spring brood group.

$l_t = 481.5(1-e^{-0.439(t+0.276)})$, for males of the summer brood group.

$l_t = 398.5(1-e^{-0.604(t+0.187)})$, for females of the summer brood group.

$l_t = 465.1(1-e^{-0.459(t+0.220)})$, for males of the fall brood group.

$l_t = 400.7(1-e^{-0.553(t+0.196)})$, for females of the fall brood group.

where, l_t is preanal length (millimeter) at age t(year).

Males older than five years of age could be hardly found among commercial catches.

平成元年6月29日受理 (Recieved June 29, 1989)
西海区水産研究所業績第458号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 458)
*西海区水産研究所下関支所 〒750 下関市東大和町2-5-20 (Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Shimonoseki Branch, Higashi-yamato-machi, Shimonoseki 750, Japan)

The relationship between preanal length (l, mm) and body weight (w, g) was expressed as follows,

$w=2.606\,l^{3.339}\cdot 10^{-6}$, for the immature stage.

$w=2.612\,l^{2.895}\cdot 10^{-5}$, for the mature stage.

タチウオ *Trichiurus lepturus* は，わが国周辺では，主として本州中部以南の太平洋および日本海沿岸と東シナ海に広く分布し，多獲性底魚として良く知られている．本種は1970年頃までは主に“ねり製品”の原料として，以西底びき網漁業等沖合域の底びき網漁業の主要対象種の一つとされ，1967年の全国漁獲量は過去最高の68,300トンを記録した．しかし，1960年代後半から北洋スケトウダラすり身の普及に押されるとともに，資源的にも減少の傾向が認められるようになったことから，沖合域の底びき網漁業における漁獲量は大きく低下した．この結果，1970年代半ば以降の全国漁獲量は約30,000トンの水準で推移している．一方，瀬戸内海や日本海中部海域を中心とする沿岸産のタチウオは，“惣菜もの”として鮮度良く出荷され，経済価値が高いために漁業者の関心が強く，1970年代に入って漁獲量は増加し，全国漁獲量のほぼ70%にあたる約20,000～25,000トンで推移している．

本研究の対象とした隠岐島西方から対馬西方に至る海域（この報告では対馬近海という）のタチウオは，2そうびき沖合底びき網漁業（以下「沖合2そうびき」という）の主要魚種の一つとして，1960年代中頃の漁獲量は2,000～3,000トンの水準にあったが，1968年以降漁獲量の低下が目立っており，近年では500トン以下の水準にある．このような漁獲量の動向からみて，当海域における近年のタチウオ資源は，低い水準にあると考えられる．しかし，沿岸域の各種漁業の対象種としての重要性は失われておらず，この資源を合理的に利用するための基礎となる生物学的特性を明らかにすることは重要な研究課題である．

この研究では，対馬近海産タチウオを対象として耳石に形成される輪紋について検討し，それに基づき季節的発生群の判別ならびに発生群別，雌雄別に年齢査定と成長推定を行った．

本報告をとりまとめるにあたり，標本の採集，魚体測定などに多大の労をいただいた島根県水産試験場ならびに山口県外海水産試験場の担当者各位に対し，心から感謝を申し上げる．また，西海区水産研究所下関支所底魚資源研究室小嶋喜久雄主任研究官には研究の過程で終始有益な助言をいただき，竹下貢二支所長，田川勝底魚資源研究室長には御校閲と懇切なる御教示をたまわった．記して厚く御礼を申し上げる．さらに，山口県油谷町の高木水産㈱の各位には長年に亘り幼魚の採集に御協力いただき，また，中嶋扶美子氏には資料の整理等に御尽力いただいた．ここに深謝の意を表したい．

材 料 と 方 法

供試標本は，1967年1月から1987年12月に至る期間，山口県下関港および島根県浜田港に水揚げされた沖合2そうびきの漁獲物から，サイズ銘柄別に採集したものが主体となっている．沖合2そうびきの休漁期間*の標本については，山口県萩市越ケ浜および島根県仁摩町など各地の定置網ならびに同県大田市和江漁協の小型底びき網による漁獲物から採集したほか，当研究所で行っている調査船調査の漁獲物からも採集した．また，若齢期の標本については，1972年～1978年に，山口県北西部の油谷湾をモデル水域として行われた魚類生態調査を通じて，船びき網，小型底びき網および棒受網漁船の漁獲物から採集した．標本の採集

*2そうびき沖合底びき網漁業の休漁期間は，東経128度30分から東経131度の区間では5月16日～8月15日，東経131度から島根県日御崎灯台に至る海域では6月1日～8月31日である．

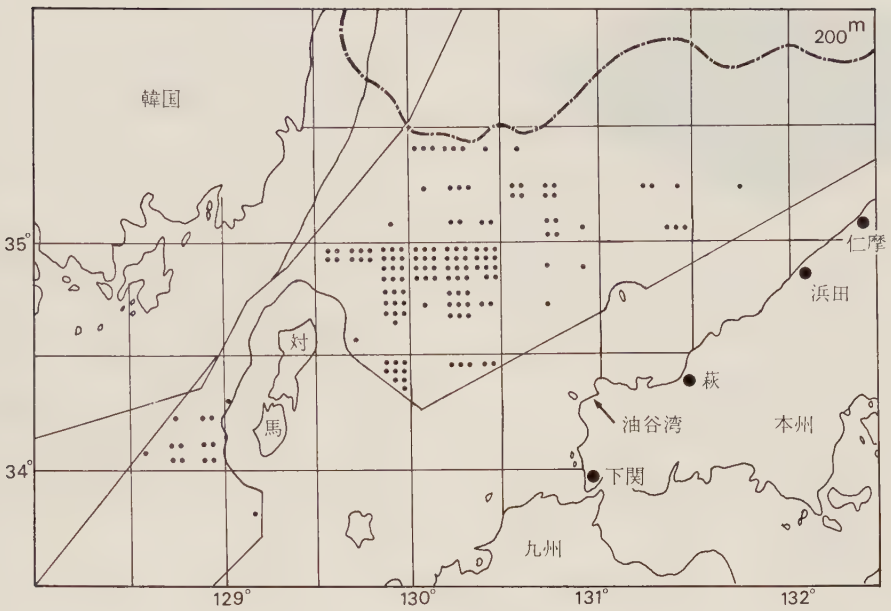


図1. 標本の採集水域

表1. 供試標本数　（尾）

年＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1967	319	362	354	387	—	—	—	—	—	313	287	366	2,388
1968	388	655	—	2	126	—	2	52	—	62	97	257	1,641
1969	235	—	—	—	9	—	—	—	—	155	299	273	971
1970	422	154	368	45	226	—	—	—	—	52	242	316	1,825
1971	199	247	165	228	150	—	—	—	*1,097	*2,922	*1,697	405	7,110
1972	—	—	250	—	384	—	—	—	*49	*772	*432	*967	2,854
1973	*194	2	—	—	*12	*6	—	80	116	*1,399	*703	*89	2,601
1974	*365	*76	*77	*25	*662	*14	*193	181	170	*85	*596	*571	3,015
1975	98	23	88	*137	*50	*31	*45	3	65	*229	*1,530	—	2,299
1976	93	—	—	*9	*38	*16	*19	*4	—	*319	*110	*698	1,306
1977	—	561	2	*177	*614	*419	*12	*17	*83	*35	*18	*436	2,374
1978	*93	*53	*100	*21	—	—	—	—	—	—	—	607	874
1979	—	195	55	164	285	—	—	—	—	112	147	—	958
1980	—	236	213	59	—	—	—	—	61	27	*168	—	764
1981	51	146	—	276	70	40	*847	5	—	—	—	*41	1,476
1982	—	—	—	—	—	—	196	—	—	—	—	—	196
1983	—	—	64	742	623	25	—	*250	91	—	—	—	1,795
1984	373	129	—	—	24	10	—	122	114	87	206	100	1,165
1985	114	86	132	83	186	*50	13	—	17	181	46	132	1,040
1986	—	42	293	—	—	—	28	—	—	—	—	289	652
1987	—	—	369	—	26	—	*131	*152	29	—	61	175	943
計	2,944	2,967	2,530	2,355	3,485	611	1,486	866	1,892	6,750	6,639	5,722	38,247

*油谷湾およびその周辺水域の漁獲物から採集した標本を含む

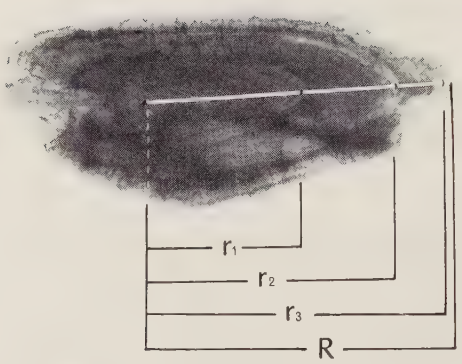


図2. 耳石の測定部位
r_1, r_2, r_3：輪径　　R：耳石径

水域を図1に，供試標本数を表1に示した．

標本魚は鮮魚のまま全長，肛門前長（下顎先端から肛門前縁までの距離，l，mm，以下体長という），体重（g），生殖腺重（g）などの測定を行った後，耳石を採取した．なお，ホルマリン固定の標本については，雌雄の判別と体長，体重の測定を行った．

耳石は約15,000個体から採取したが，その中から輪紋が比較的明瞭に形成され，輪径の測定に適している9,592個体（雌4,964個体，雄4,628個体）を用いて年齢査定を行った．

採取した耳石はよく水洗した後，乾燥させて保存し，観察や測定に供した．耳石の凹面を上にしてキシロールに浸し，透過光下で観察すると，耳石の縁辺にほぼ平行して同心円状に走る透明帯が認められる．その透明帯の内縁を輪紋の測定部位と規定した（図2）。

耳石の測定軸は，耳石の成長起点から前縁に至る最長軸とし，この軸上で耳石径Rと各輪径 r_n を測定した．耳石の測定は投影器を用いて20倍に拡大し，1mm単位で行った．

結 果 と 論 議

1. 産卵期と季節的発生群

1) 産卵期

本種の産卵生態に関する既往の研究[1-8]によると，産卵期は春季から秋季にかけて，4～8カ月間の長期にわたっている．

そこで，対馬近海産タチウオの産卵期を調べるため，雌2,185個体，雄1,900個体について成熟度指数（GI＝生殖腺重量／体長$^3\times10^8$）を求め，その季節変化を検討した．図3は採集年次をこみにしたGI値の月別頻度分布を雌雄別に示したものである．それによると，GIの値は雌雄とも4月から急速に増大し始める．分布の広がりは，雄では5月に最大となった後，11月に至る間も比較的広い範囲に及んでいる．一方雌では，5月から7月にかけて低い値をもつ個体が目立って減少し，分布の山の位置はGI値の大きい方へ移る．8月に入ると，最低のGI値を示す放卵後の個体が急速に増してくるが，高いGI値を示す個体も11月まで出現している．産卵親魚（完熟卵をもった個体）が4月（中旬）から11月（上旬）まで認められたこと，またGI値150以上の個体の卵巣卵は，成熟期に達したものと考えられている[1,4,5]ことから，対馬近海におけるタチウオの産卵期は，4月中旬から11月上旬に至る約7カ月間と推定された．

既往の研究によると[5,9,10]，本種には季節的に異なる発生群の存在することが知られているが，前述のように，産卵親魚の出現が長期にわたってみられることは，対馬近海のタチウオにおいても季節的な発生群が存在する可能性を示唆している．

当海域におけるタチウオの産卵期を他海域のそれと比較する（図4）と，産卵の開始と終了の時期については紀伊水道[4]および熊野灘[5]産のものに近く，産卵が春から秋に及んでいる点でほぼ一致する．しかし，駿河湾[2]，日本海中部海域[8]および若狭湾西部海域[6]産のものに対しては，春季の産卵がほとんどみられないこと，また東シナ海・黄海産[1,3]のものに対しては，秋季の産卵がみられないことで相違している．

2) 季節的発生群

前述のように，当海域のタチウオの産卵期は長く，季節的な発生群が存在する可能性が示唆されるので，年齢査定に当っては，まず季節的発生群について検討しておく必要がある．そして，耳石の輪紋がある一定の時期に形成されると仮定すれば，発生から輪紋形成までの生活歴が，第1輪の大きさとして現れてくるものと考えられる．

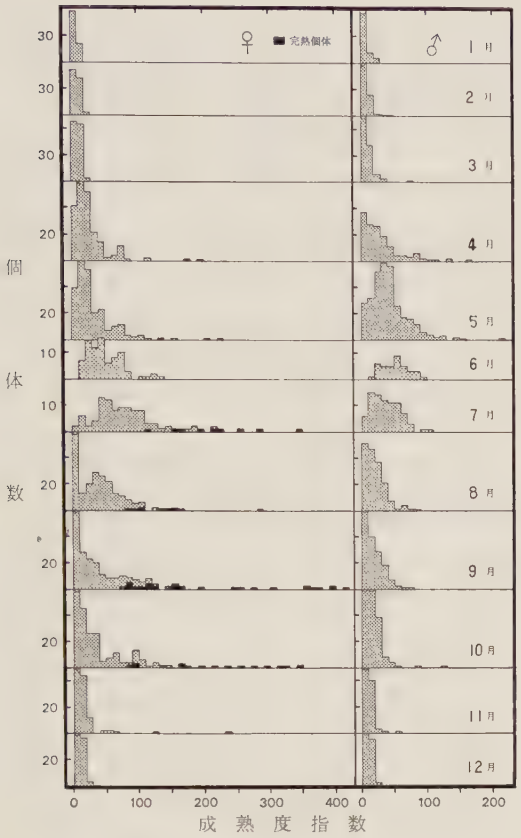


図3．成熟度指数 GI の経月変化
$GI = GW / l^3 \times 10^8$

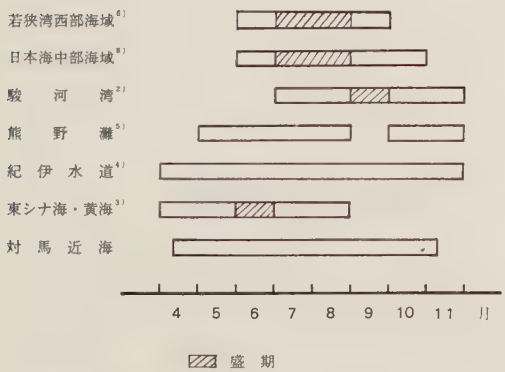


図4．タチウオの海域別産卵期
（対馬近海以外については既往の知見による）

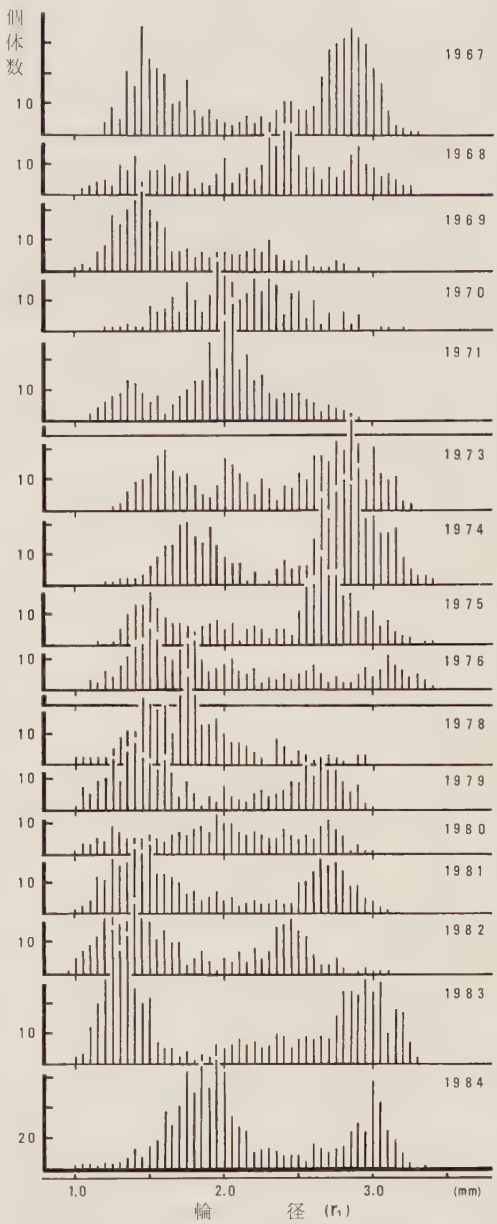


図5．年別第1輪径（r_1）組成

このような観点から，発生群の識別には耳石に形成される第1輪径を用いることにした．図5は，各年の1輪群（1個の輪をもつ群）について，その輪径の頻度分布を求めたものである．分布のモードは，1967，1975，1979，1981，1983年等のように，第1輪径の大

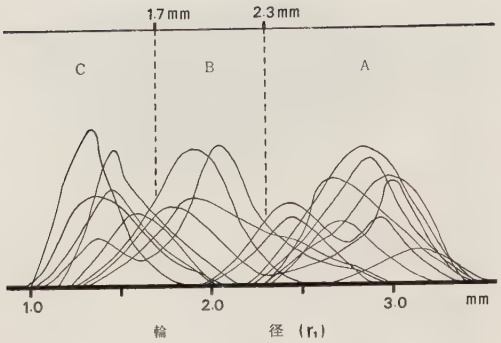


図6. 年別第1輪径組成のモード群によるタチウオ発生群の区分

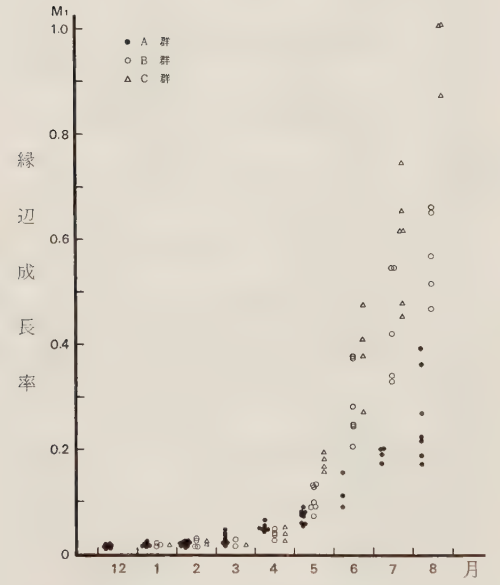


図7. タチウオ未成魚の平均縁辺成長率 M_1 の経月変化（12～8月） $M_1=(R-r_1)/r_1$

きい側と小さい側にみられる年が多いが，1970，1971，1984年のようにそれらの中間にモードがみられる年もある．この図を基に，長年にわたる輪径分布の一般的な傾向を示したのが図6である．それによると，年々のモードの出現状況から第1輪径を異にする三つの群が大別されるので，第1輪径が2.3㎜よりも大きいものをA群，1.7㎜よりも小さいものをC群，それらの中間のものをB群とした．これらの3群について，第1輪の縁辺成長率〔$M_1=(R-r_1)/r_1$〕を求め，年別，月別の平均値によって図7に示した．それによると魚体の大きいA群（黒丸）では，他の2群よりも輪形成が若干早い傾向がみられるが，いずれの群も3月まで縁辺成長率が低く，4月から上昇し始めている．

したがって，耳石の第1輪の形成は12月から3月に至る冬季に行われ，その盛期は1月頃と推定される．この結果，春～秋に至る産卵期から考えて，発生後第1輪形成までの経過月数は，最も早く発生した群では約8～9カ月，最も遅く発生した群では3～4カ月と考えられる．したがって，発生後第1輪形成までの生活歴が長いA群は春生まれ，短いC群は秋生まれ，それらの中間のB群は夏生まれにそれぞれ対応すると考えられる．

このように，第1輪径によって季節的発生群を区別することができるので，以下の成長に関する検討は，それにしたがい発生群別に行った．

各発生群の成長過程を把握するため，まず，若齢期の試料を用いて，各群の月別輪群別の体長組成を求め，図8に示した．それによると，体長の小さい方には，当歳魚のうち最も発生時期の遅い秋生まれ群（図中点線で示す），体長の大きい方には春生まれ群（図中破線で示す），さらにそれら2群の中間には夏生まれ群を示す三つのモード群が形成されている．秋生まれの幼・稚魚が出現する10～11月には，春生まれの中でも早い時期に発生したものは，体長200～220㎜台にまで成長している．

発生群別に月別の体長組成をみると，いずれにおいても分布は複峰型を示すものが多い．このことは，同じ季節でも産卵の盛期に年変化がみられること，また後述するように，年によってかなり大きな成長差があること等を反映していると考えられる．

各発生群について月毎の体長組成を追跡し（図中矢印で示す）成長過程をみると，冬季はゆるやかに，春季から秋季にかけては急速に成長していくものと推定される．

3) 季節別発生群の出現状況

前記のように，第1輪径によって三つの季節別発生群を区別したが，各群の発生状況にはかなり年変化があると考えられる．したがって発生群別の成長を明らかにするためには，それらの群の年々の発生状況についても検討しておく必要があると考えられる．

図5に示した各年の第1輪径組成のモードの位置

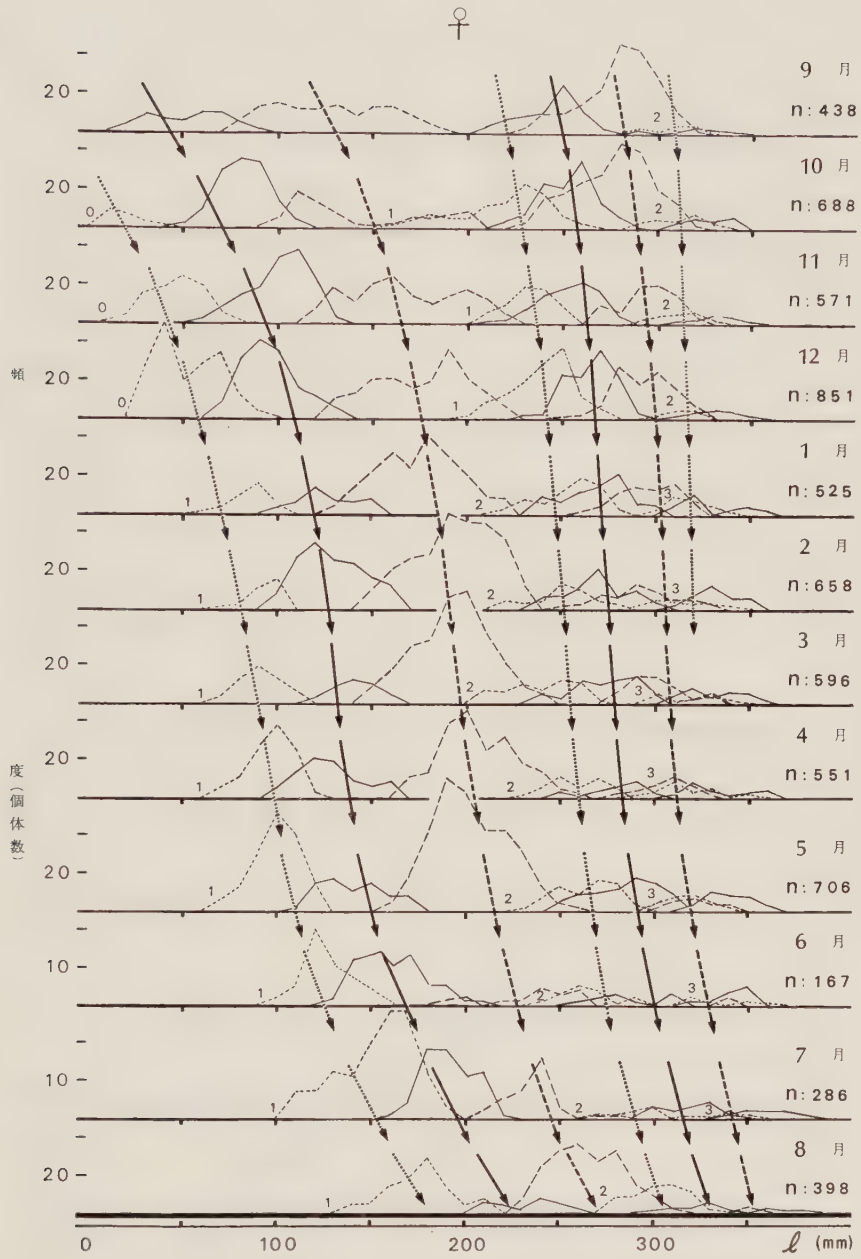


図8-1 若齢期タチウオの発生群別，輪群別体長組成の推移（雌）

春生まれ群　夏生まれ群　秋生まれ群

秋生まれ群の組成の左側に付した数字は輪数を表す．

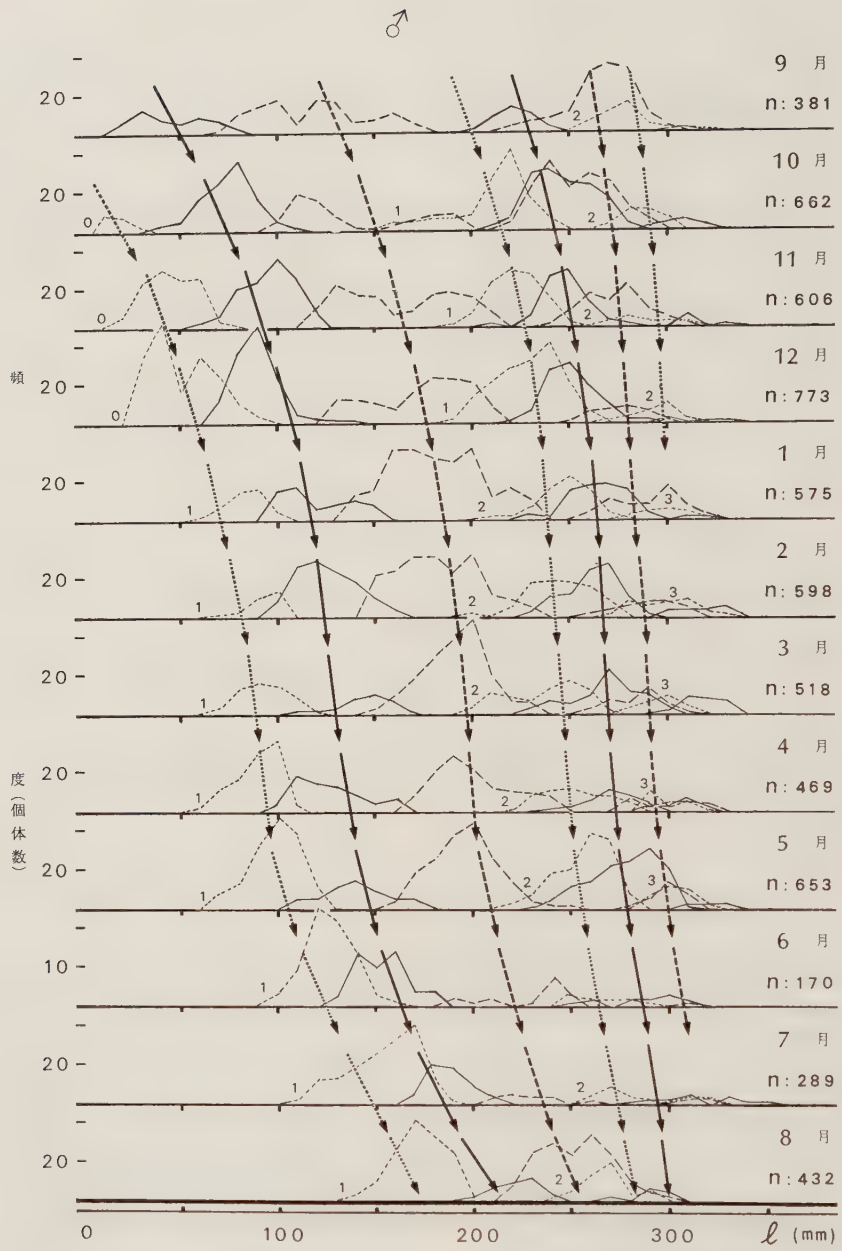


図8 2 若齢期タチウオの発生群別，輪群別体長組成の推移（雄）

春生まれ群 夏生まれ群 秋生まれ群

秋生まれ群の組成の左側に付した数字は輪数を表す。

は，その前年の産卵の開始期および産卵の終了期における年変化と，比較的良く対応していることが知られている[11]ので，第1輪径組成によって各年の発生群（年級群）の出現状況を調べ，次の四つのタイプに区分した．

Ⅰ．春生まれ群および秋生まれ群がともに明瞭なモード群として出現する年（1966，1978，1980，1981，1982年級）

Ⅱ．春生まれ群が他の2群よりもきわめて明瞭なモード群として出現する年（1972，1973，1974年級）

Ⅲ．夏生まれ群が他の2群よりもきわめて明瞭なモード群として出現する年（1969，1970，1983年級）

Ⅳ．秋生まれ群が他の2群よりも明瞭なモード群として出現する年（1968，1977年級）

これらのタイプ別に発生群相互の出現状況をみると，春生まれ群が優勢で，明瞭なモード群として出現する年では，夏生まれ群は劣勢で，モード群の出現はあまり明瞭でない（Ⅰ，Ⅱの場合）．これに対して夏生まれ群が優勢で，明瞭なモード群として出現する年では春生まれ群は劣勢で，モード群の出現はあまり明瞭ではない（Ⅲの場合）．同様の関係は夏生まれ群と秋生まれ群との間にもみられる（Ⅰ，Ⅲ，Ⅳの場合）．

このように，同一年の発生群の出現状況に相反する関係がみられることは，年々の環境条件によって，春の発生盛期が夏に向かって遅れたり，あるいは秋の盛期が早まったりする可能性を示唆している．既住の知見[11]からみると，特に春の産卵期における水温条件は本種の産卵，発生と深く係っているのではないかと考えられる．

2．年齢と成長

1）体長と耳石径の関係

沖合域（沖合2そうびきの標本）および沿岸域（油谷湾およびその周辺水域の標本）の試料について，各体長階級（10㎜階級）ごとにできるだけ偏らないよう10個体づつ抽出し，体長と耳石径との関係を調べた．その結果，沖合域の標本では体長217㎜で屈折する二本の直線で表され，また沿岸域の標本では体長104㎜で屈折する二本の直線で表された．これらの回帰直線について，共分散分析法により雌雄間および水域間で回帰係数と修正平均値の差の検定をおこなったところ，同一水域においては沖合域，沿岸域ともに雌雄間には有意差は認められなかった．また雌雄をこみにした場合，沖合および沿岸の水域間に有意差は認められなかった．

以上の結果をもとに，全試料をこみにして，体長と耳石径との関係を求め図9に示した．この関係は体長107㎜および216㎜で屈折する三本の直線で表される．体長20㎜付近から第1の屈折点（図中A）付近までの

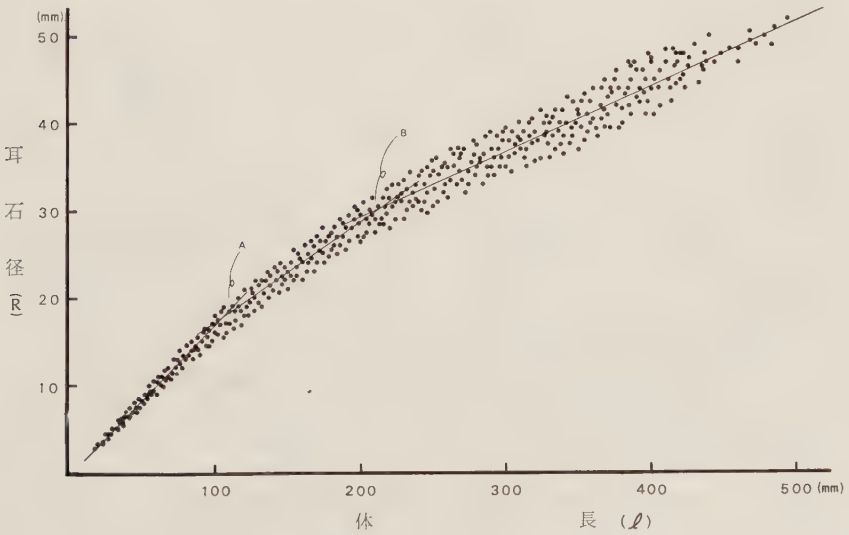


図9．体長（l）と耳石径（R）の関係

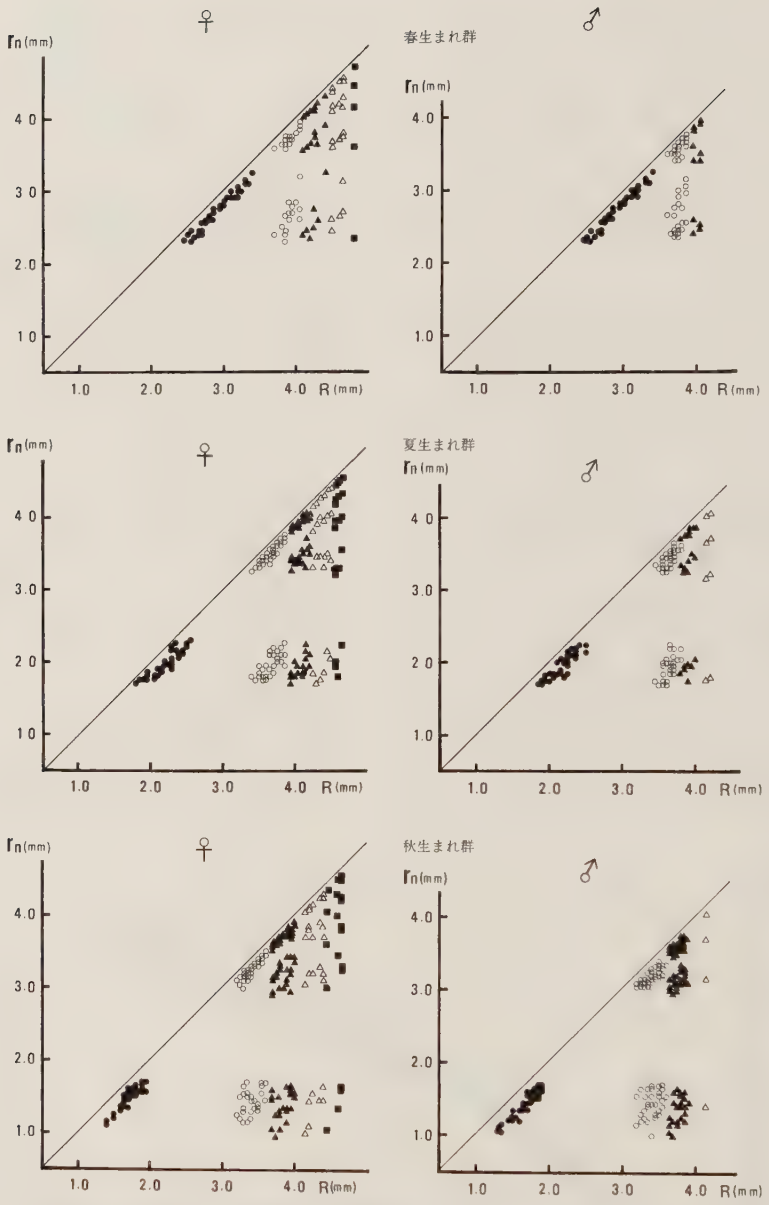


図10. 耳石径（R）と輪径（r_n）の関係（5月）
●1輪群 ○2輪群 ▲3輪群 △4輪群 ■5輪群

体長範囲は，本種の発育段階の区分[8]によると，ほぼ幼・稚魚期に相当している．また，第2の加折点（図中B）付近は，標本の最小成熟サイズ（雌：体長225㎜，雄：体長198㎜）からみて，当海域産タチウオの成熟体長に相当すると考えられる．

以上の結果，体長（l. ㎜）と耳石（R. ㎜）の関係は，発育段階別に次式によって示される．

稚・幼魚期：$R=0.0167\,l-0.015$ $(r=0.986)$…(1)
未成魚期：$R=0.0118\,l+0.509$ $(r=0.955)$…(2)
成　魚　期：$R=0.0075\,l+1.439$ $(r=0.943)$…(3)

同一体長でも耳石径には個体差があり，一方輪径は耳石径に比例しているので，耳石径の個体差は輪径の個体差となって現われることになる．このような輪径の個体差を除くため，各個体について得られた輪径（r_n）に $\hat{R}/R$ を乗じて標準化し，以後の検討はすべて標準化した輪径（$\hat{r}_n$）に基づいて行った．

2)　耳石径と輪径の関係

各発生群について輪群ごとの代表輪径を求めるため月別，雌雄別に耳石径と輪径との関係を求め，図10に例示した．それによると，各発生群の各輪の輪径とも45°の線にほぼ平行する直線的な関係がみられ，耳石径の大きいものほど大きい輪径をもっていることが認められた．

すなわち，同じ時期における同じ輪群では，体長の大きい春生まれの輪径が夏生まれ，秋生まれのそれよりも大きく，体長の小さい秋生まれでは春生まれ，夏生まれよりも逆に輪径が小さい．

3)　成魚の輪紋形成期

第1輪の形成期については先に述べたように，1月頃を中心とする冬季に行われることが明らかとなったが，第2輪以上の輪径について形成期を調べるため，輪群別，月別に縁辺成長率〔$M=(\hat{R}-\hat{r}_n)/(\hat{r}_n-\hat{r}_{n-1})$〕を求めた（図11）．図11によると，11月のM値の分布には，輪形成が間近であることを示す大きなM値と，新しい輪紋が形成されて間もない0.1前後の小さいM値が出現して，分布の峰を形成する．この分布の峰の位置は12月，1月と月を追って増大する．一方，小さいM値の分布はいずれの輪群においても2月頃まで引き続き認められ，輪紋形成後日の浅い個体が継続して出現していることを示している．3月に入ると輪紋の未形成個体は著しく減少し，4月には小さいM値の頻度分布の位置も3月に比べて高い値を示す．このようなM値の変化から，対馬近海産タチウオの成魚の耳石の輪紋は，冬季を中心に形成されるものと推定された．

前述のように未成魚における輪紋形成は，成魚よりも若干遅く12月頃から始まるが，輪紋形成の盛期は未成魚，成魚ともに1月頃とみられる．

諸報告にみられる本邦産タチウオの輪紋形成期は，紀伊水道[9]，熊野灘産[5]では4～7月の産卵期とされ，上述の結果と相違するが，東シナ海・黄海[12,13]，日本海中部海域[8]および若狭湾西部海域[10]のものでは11

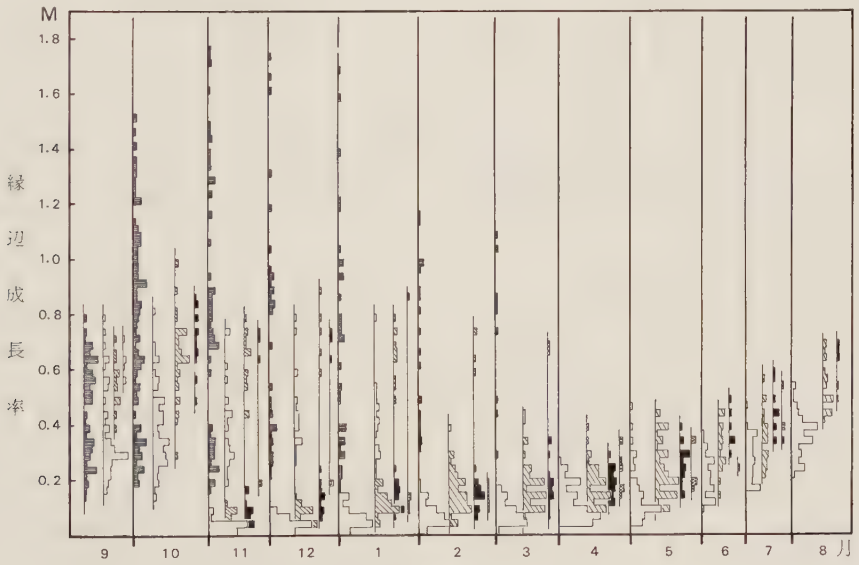


図11.　タチウオ成魚の縁辺成長率Mの経月変化
$M=(\hat{R}-\hat{r}_n)/(\hat{r}_n-\hat{r}_{n-1})$
1輪群　2輪群　3輪群
4輪群　5輪群

表2. 異なる年次間における成長の比較

発生群	採集月	年級	標本数	体長(cm) 範囲	体長(cm) 平均値	体長(cm) 標準偏差	第1輪径(mm) 範囲	第1輪径(mm) 平均値	第1輪径(mm) 標準偏差
春生まれ(雌)	10	1972	106	23～31	27.3	1.696	2.30～3.10	2.68	0.231
		1974	28	23～28	24.9	1.268	2.30～2.90	2.62	0.158
夏生まれ(雄)	5	1972	29	25～30	27.7	1.285	1.40～2.30	1.99	0.178
		1983	31	23～29	25.9	1.611	1.40～2.20	1.89	0.168
秋生まれ(雄)	5	1981	27	23～29	26.22	1.450	0.95～1.60	1.38	0.200
		1983	27	22～27	24.37	1.445	1.05～1.70	1.50	0.206

表3. 輪群別平均輪径（$\bar{r}_n$）と計算体長（l_n） 単位mm

発生群	輪数	雌 標本数	$\hat{r}_1$	$\hat{r}_2$	$\hat{r}_3$	$\hat{r}_4$	$\hat{r}_5$	$\hat{r}_6$	雄 標本数	$\hat{r}_1$	$\hat{r}_2$	$\hat{r}_3$	$\hat{r}_4$	$\hat{r}_5$
春生まれ	1	1505	2.77						1247	2.73				
	2	358	2.71	3.68					242	2.71	3.58			
	3	73	2.86	3.72	4.20				30	2.68	3.53	3.97		
	4	25	2.82	3.70	4.20	4.53			4	2.60	3.53	4.02	4.28	
	5	3	2.65	3.63	4.12	4.49	4.73							
	6	2	2.63	3.63	4.17	4.52	4.75	4.92						
	$\bar{r}_n$		2.74	3.67	4.17	4.51	4.74	4.92		2.68	3.55	4.00	4.28	
	l_n		189.1	297.5	364.1	409.5	440.1	464.1		184.0	281.5	341.5	378.8	
夏生まれ	1	661	1.99						612	1.96				
	2	479	1.97	3.38					575	1.95	3.41			
	3	152	2.00	3.39	3.95				89	1.92	3.29	3.30		
	4	41	1.98	3.38	3.94	4.31			11	1.97	3.22	3.78	4.10	
	5	13	2.02	3.40	3.94	4.31	4.56							
	6	4	1.93	3.36	3.90	4.30	4.59	4.78						
	$\bar{r}_n$		1.98	3.38	3.93	4.31	4.58	4.78		1.95	3.31	3.79	4.10	
	l_n		124.7	258.8	332.1	382.8	418.8	445.5		122.1	249.5	313.5	354.8	
秋生まれ	1	528	1.48						597	1.48				
	2	430	1.40	3.20					654	1.45	3.18			
	3	179	1.49	3.23	3.79				178	1.41	3.14	3.65		
	4	62	1.46	3.19	3.77	4.17			35	1.46	3.13	3.64	3.98	
	5	19	1.39	3.17	3.74	4.18	4.45		4	1.37	3.05	3.62	3.98	4.21
	6	4	1.45	3.25	3.80	4.21	4.47	4.68						
	$\bar{r}_n$		1.45	3.21	3.78	4.19	4.46	4.68		1.43	3.13	3.64	3.98	4.21
	l_n		87.7	236.1	312.1	366.8	402.8	432.1		86.5	225.5	293.5	338.8	369.5

～3月にわたる低温期が輪紋形成期とされ，本研究の結果とほぼ一致する．

4) 輪紋形成時の体長

年齢査定に用いた試料は，各月とも複数の年級群が混じっている．「系統群は同一であっても，その経てきた時間的な内容が異なっている発生年次の異なる群では，成長が相違している」[14] といわれているが，対馬近海のタチウオにおいても，同一時期の発生群の間に年による成長差が認められる場合が少なくない（表2）．

そこで，このような年次間の成長の偏りをなくし，当海域におけるタチウオの平均的な成長像を把握する

表4．計算体長（l_n）とそれに対応する1月の実測平均体長（L'_n）　単位：mm

発生群	性	l_1	L'_1	l_2	L'_2	l_3	L'_3	l_4	L'_4	l_5	L'_5
春生まれ	雌	189	185	298	304	364	365	410	412	440	442
	雄	184	180	282	291	342	346	379	381	—	—
夏生まれ	雌	125	126	259	272	332	335	383	384	419	418
	雄	122	121	250	265	314	319	355	364	—	—
秋生まれ	雌	88	86	236	253	312	318	367	365	403	394
	雄	87	84	226	243	294	299	339	342	370	—

表5．計算体長の他海域産との比較　単位：mm

発生盛期	性	漁場	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6
5～6月（春生まれ）	雌	黄海*1	163	275	334	377	411	—
		東シナ海*1	175	273	334	376	413	—
		若狭湾西部海域*2	188	286	337	364	391	413
		対馬近海*5	189	298	364	410	440	464
	雄	黄海*1	139	261	329	372	407	—
		東シナ海*1	175	267	319	355	388	—
		若狭湾西部海域*2	188	280	316	333	350	—
		対馬近海*5	184	282	342	379	—	—
	雌雄こみ	東シナ海*3	167	243	308	368	444	—
		黄海*3	162	248	311	360	—	—
8月（夏生まれ）	雌	日本海中部海域*4	121	284	335	364	392	413
		若狭湾西部海域*2	96	284	334	360	392	—
		対馬近海*5	125	259	332	383	419	446
	雄	日本海中部海域*4	118	267	305	324	339	351
		若狭湾西部海域*2	92	274	313	329	348	—
		対馬近海*5	122	250	314	355	—	—

*1三栖（1964），*2宗清・桑原（1988），*3浜田（1971），*4日本海中部海域タチウオ研究チーム（1986），*5著者

ため，各輪群について年別に輪径の平均値を求め，さらにそれらの値の平均値を各月における輪群別の各輪紋の代表輪径とした．

以上の結果に基づいて，各発生群の輪群別平均輪径（$\bar{r}_n$）を求め．表3に示した．さらに，これらの平均輪径を体長と耳石径との関係（前記(1)～(3)式）に代入し，n輪形成時（1月とする）の体長（計算体長，l_n）を求め，表3にあわせて示した．

得られた計算体長の値と，これに対応する1月の実測平均体長の値を比較してみると（表4），両者の値は近似しており，輪紋の読み取りは妥当であったと考えられる．

11月から3月に至る低温期に輪紋を形成する他海域産タチウオの計算体長を，当海域産タチウオの値とともに表5に示した．それによると，夏生まれでは日本海中部海域[8]，若狭湾西部海域[10]および対馬近海の3海域の計算体長は近似した値を示している．春生まれの場合，l_2以上については他海域産に比べ対馬近海産の値が比較的大きい．これは前述のように，この海域の春生まれが，他海域産よりも発生時期の比較的早い個体（第1輪径が2.3mm以上の個体）を多く含んでいることによるものと考えられる．

ところで，発生後第1輪形成までの経過時間について，東シナ海・黄海産タチウオの場合，三栖[12]は21

カ月，浜田[13] は18カ月としている．一方，本研究の結果によると，対馬近海産タチウオの春生まれの第1輪の計算体長は，発生後約8カ月を経過した時点における体長に相当し（図8および表4参照），また夏生まれでは発生後約5カ月，秋生まれでは約3カ月を経過した体長に相当すると考えられる．

5) 成 長

前述のように，耳石の輪紋形成は1月を中心とする冬季に行われるが，発生群別，雌雄別の輪紋形成についての周期性を吟味する必要があるため，WALFORD の定差図による検討を行った（図12）．それによると，いずれの場合もほぼ直線に適合し，輪紋は周期性を以って形成される年輪と考えられた（図版1）．

成長については，各発生群の成長起点を春生れ5月1日，夏生まれ8月1日，秋生まれ10月1日とし，また成魚を含めた輪形成の盛期を1月として，BERTARANFFY の成長式 $l_t=L_\infty(1-e^{-K(t-t_0)})$，により満年齢時の体長を求めた．ただし，$l_t$ は発生後 t 年における体長である．成長式の定数 L_∞，K および t_0 等は，計算体長とそれに対応する発生後の経過年数の資料を用いて，繰り返し計算から得られた最適値によって決定し，表6に示した．

表6. 耳石法によって推定した発生群別の成長*

発 生 群	L_∞(mm)	K	t_0
春生まれ(雌)	502.5	0.409	0.491
〃 (雄)	438.7	0.481	-0.458
夏生まれ(雌)	481.5	0.439	-0.276
〃 (雄)	398.5	0.604	-0.187
秋生まれ(雌)	465.1	0.459	0.220
〃 (雄)	400.7	0.553	0.196

*$l_t=L_\infty(1-e^{-K(t-t_0)})$

表7. 年 輪 別 体 長　　単位：mm

年齢＼発生群＼性	春生まれ 雌	春生まれ 雄	夏生まれ 雌	夏生まれ 雄	秋生まれ 雌	秋生まれ 雄
1	229.4	221.1	206.5	203.9	199.4	193.9
2	321.1	304.2	304.2	292.1	297.2	281.7
3	382.0	355.6	367.2	340.4	359.0	332.3
4	422.4	387.3	407.8	366.7	398.1	361.3
5	449.3	406.9	434.0	381.1	422.7	378.1
6	467.2	419.1	450.9	389.0	438.3	387.7

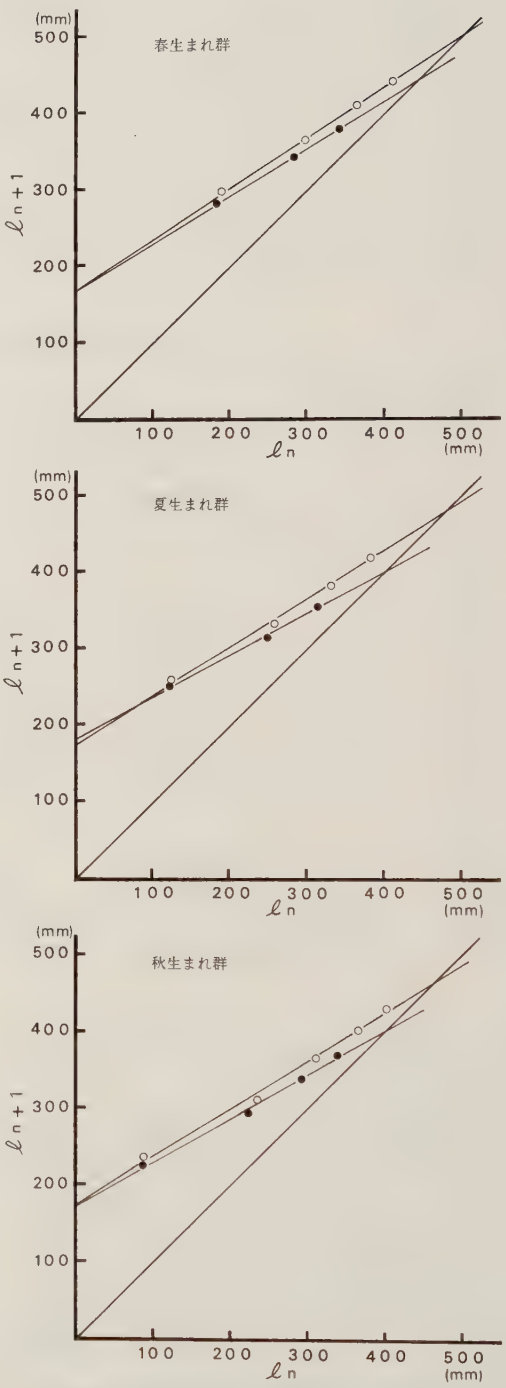


図12. 計算体長に関する WALFORD の定差図
○雌 ●雄

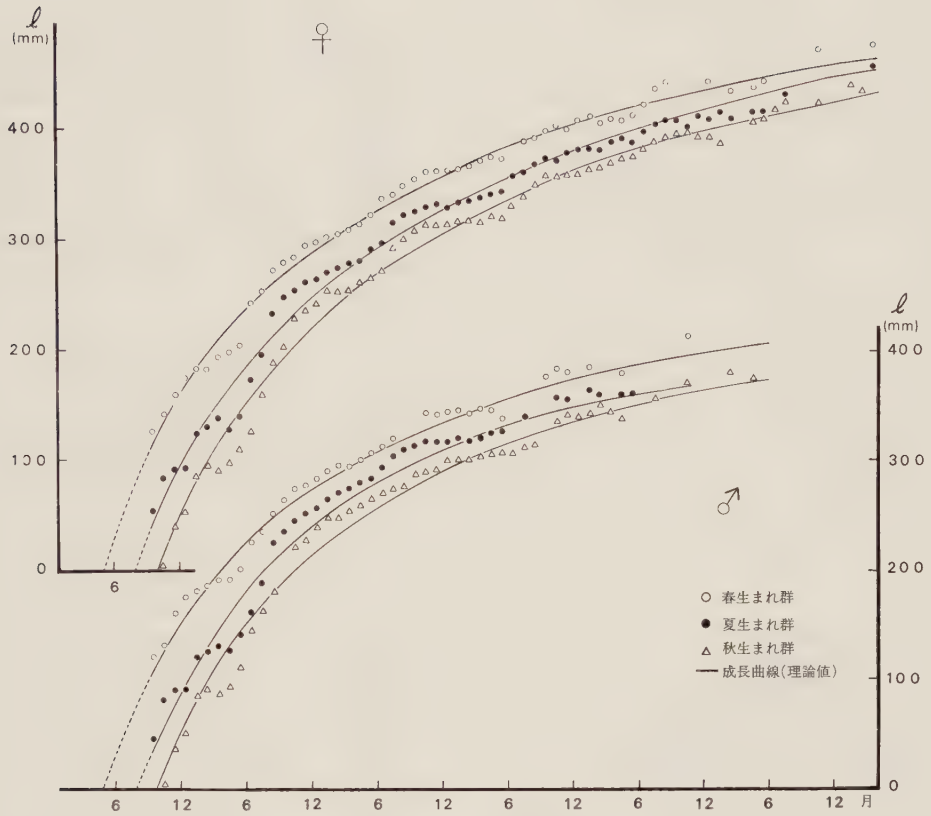


図13．月別実測平均体長と成長曲線

また，成長式から求めた発生群別，雌雄別の満年齢時体長を，表7に示した．

発生群別の成長推定の結果によると，雌雄とも春生まれの成長が良く，発生期の遅い群ほど成長が劣っている．さらに雌雄間の成長を比較すると，満2歳頃から雄の成長が悪くなり，年齢の増加とともに雌との成長差が大きくなる．雄ではこのような成長の遅れに加え，大型魚（体長約350㎜以上）の出現がきわめて僅かとなり，漁獲物におけるサイズ銘柄で「大タチ」とされるものの ほとんどは 雌である．これらの ことから，対馬近海産タチウオの成長は，雌雄によって明らかに相違しているものと考えられる*．

得られた成長曲線を標本の月別実測値（平均体長）と併せて図13に示した．実測値が示すように，成長は冬季に停滞すると考えられるが，年々の成長傾向は成長曲線とかなりよく一致している．

成長推定の結果を，他の海域に関する既往の研究結果と成長曲線によって比較し，図14に示した．既往の知見のうち，東シナ海・黄海産タチウオについては，三栖[15] による 雌雄こみの 輪形成時体長から，筆者が本報告と同じ方法で成長式を求め，それによって成長曲線を示した．求められた成長式は，$l_t=456.0(1-e^{-0.387(t+0.571)})$ である．また，同一海域で複数の群別に成長が推定 されている熊野灘[5]，若狭湾西部海域[10] および対馬近海産のものについては，それらの群の年齢別平均値を用い，雌雄別に成長が推定されている日本海中部海域産[8] 等のものについては，雌の年齢別平均値を用いて成長曲線を示した．

図14によると，若狭湾西部海域産の タチウオ[10] については2歳までは当海域産と近似した値を示すが，

*調査期間中に得られた標本の最大体長は，春生まれでは雌504㎜，雄413㎜，夏生まれでは雌514㎜，雄390㎜，秋生まれでは雌454㎜，雄392㎜であった．

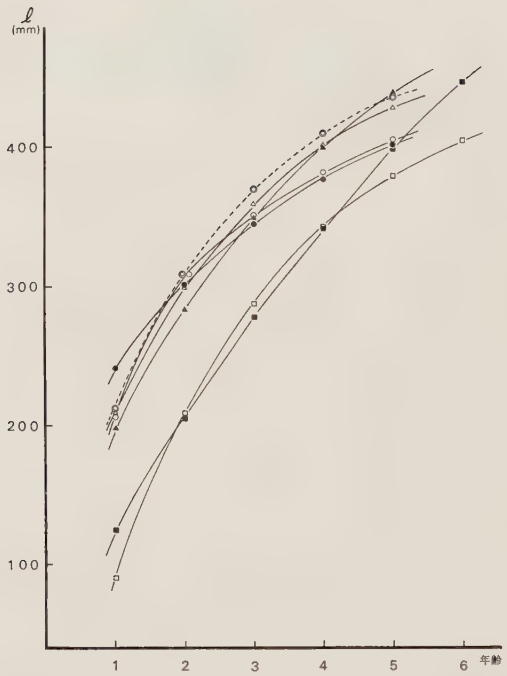


図14. タチウオの年齢別，海域別成長曲線
▲：紀伊水道[9]，　△：*熊野灘[5]，　●：日本海中部海域[8](雌)，　○：*若狭湾西部海域[10](雌)，
□：**東シナ海・黄海[15]，　■：東シナ海・黄海[13]，
◎：*対馬近海(雌)
*各発生群の体長を平均して示した．
**原著に示されている海域・雌雄こみの計算体長を用いて，本研究と同一方法によって求めた成長式から計算した．

それ以後の成長は悪い．紀伊水道産のタチウオ[9]については4歳までは当海域産より成長が悪いが，5歳では当海域産に近似する．熊野灘産のタチウオ[5]の成長は，比較した海域の中では当海域産と最も近い．

東シナ海・黄海産[12,13]の成長については，前述のように，第1輪形成時までの期間が，約1年余分に見積もられているのではないかと考えられる．このため2歳以上の各点を，1年齢若い方へ読み換えてみると，1歳では近似しているが，2歳を過ぎると当海域産よりも成長が悪い．

タチウオにおいては，成長の雌雄差が大きいことから，雌雄別に成長推定を行う必要がある．図14に示されている東シナ海・黄海産のタチウオの成長については，雌雄こみに取り扱われており，そのことが対馬近海産のものと大きく異なる結果を生じた原因の一つに

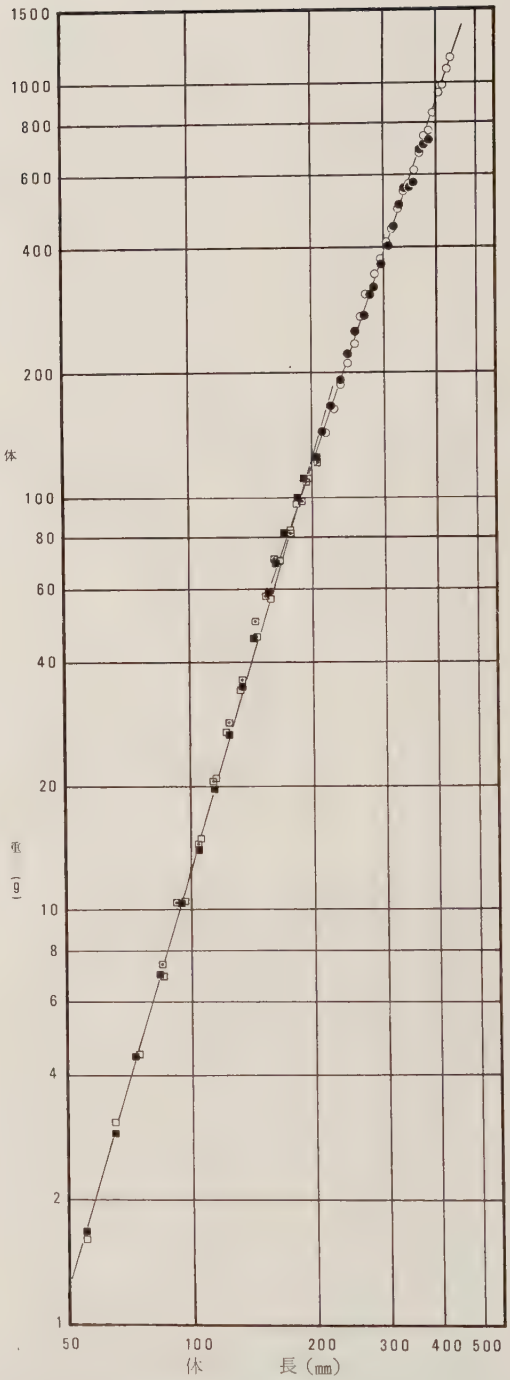


図15. 体長（l）と体重（w，内臓除去体重）の関係
未成魚：●春生まれ群　■夏生まれ群　□秋生まれ群
成　魚：○雌　●雄

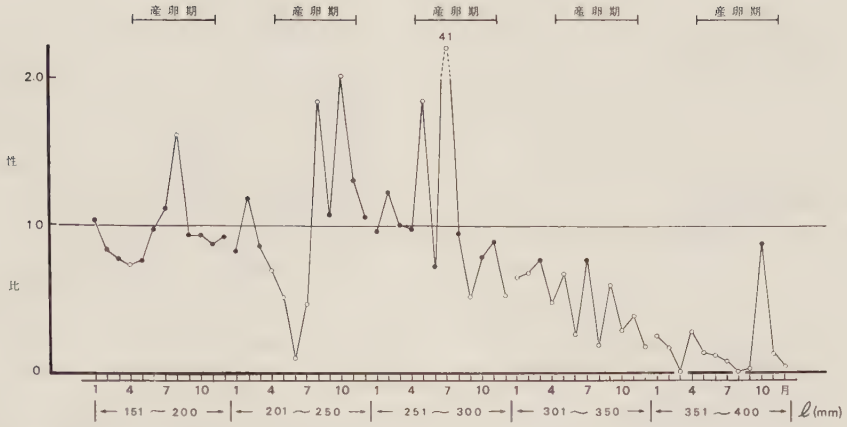


図16. 体長群別性比（♂/♀）の経月変化
（黒丸は危険率5％で雌雄比1：1と見なし得るもの，白丸は1：1と見なし得ないものを示す）

あげられよう．

次に，体重に関する成長を調べるため，体長と体重の関係について検討した．

試料を発生群別，雌雄別に区分し，体長10㎜間隔ごとに，体重〔w＝総体重－(生殖腺重量＋胃内容物重量)〕の平均値を求めた．それによると体長と体重の関係は，それぞれ体長180㎜付近で屈折する2本の直線で表される．この屈折点付近の体長は，本種の成熟サイズに近い大きさと推定されることから，試料を成魚と未成魚に分けて検討した．

未成魚については発生群内の雌雄間，および雌雄をこみにした発生群間の組合せについて検討し，成魚については雌雄別の試料をさらに産卵期（4～11月）と越冬期（12～3月）に分け，同一期間の発生群間および期別の組み合わせについて比較した後，年間を通した試料によって雌雄間を比較した．

その結果，いずれの組み合わせにおいても有意な差は認められなかった．

図15は未成魚については発生群別の，また成魚については雌雄別の，体長（l，㎜）と体重（w，g）との関係を示したものである．未成魚および成魚について，各々その関係を求めると，次のとおりとなる．

未成魚　$w=2.606\,l^{3.339}\cdot10^{-6}$……(4)

成　魚　$w=2.612\,l^{2.895}\cdot10^{-5}$……(5)

上記式より得られた満年齢時の体重を発生群別，雌雄別に表8に示した．

表8. 年齢別体重　　単位：g

齢性＼発生群	春生まれ		夏生まれ		秋生まれ	
	雌	雄	雌	雄	雌	雄
1	178.2	160.2	139.8	126.7	124.4	113.3
2	471.8	403.4	403.4	358.7	377.1	322.9
3	779.9	633.9	695.6	558.6	651.6	521.0
4	1043.4	811.7	942.4	692.9	878.9	663.7
5	1247.6	936.4	1128.5	774.6	1045.5	757.1
6	1397.0	1020.0	1260.5	822.0	1161.2	814.1

3．性比

1）性比の季節変化

タチウオは産卵期になると，雌雄のいずれかに偏った群を構成することが知られている[1,3,7]．

図16は，年・月別の試料を50㎜間隔の体長階級に分け，階級ごとに月別の性比（雌に対する雄の割合）を示したものである．図中，黒丸で示したものは危険率5％で雌雄比が1：1と見なし得るもので，白丸は雌雄比が1：1と見なし得ないものを示している．図によると，体長151～200㎜の範囲の未成魚では，雌雄の比は周年ほぼ1：1の傾向を示している．体長200㎜以上の成魚では，各体長階級とも産卵期には性比の値が大きく変動する傾向が認められる．さらに詳しくみると，体長201～250㎜および251～300㎜の二つの階級では，産卵期前の2～3カ月および産卵終了期頃に，雌雄比が1：1を示すようにみえる．一方，体長が300㎜を超えると魚体が大型になるほど雄の割合が減少し，300㎜以下の場合のように一定の時期に雌雄比が

1：1となるような傾向はみられなくなる．産卵期に性比が大きく変動する現象については，他海域のタチウオでも知られている[1,2,4,5,8,16]が，そのような現象の現われる魚体の大きさは，他海域に比べ当海域では小さいことが注目される．

2) 年齢・成長と性比

標本全体の性比は，年間を通してみると0.86で雌雄の割合に大きな偏りはみられない．しかし，50㎜間隔の体長階級ごとに性比を求めると（図17），前述の季節変化の場合と同様に，体長300㎜付近から性比の値は大きく変化する．すなわち，体長151～200㎜と201～250㎜，および251～300㎜の各階級の性比は，それぞれ0.95，1.04，0.96となり雌雄の割合はほぼ1：1である．

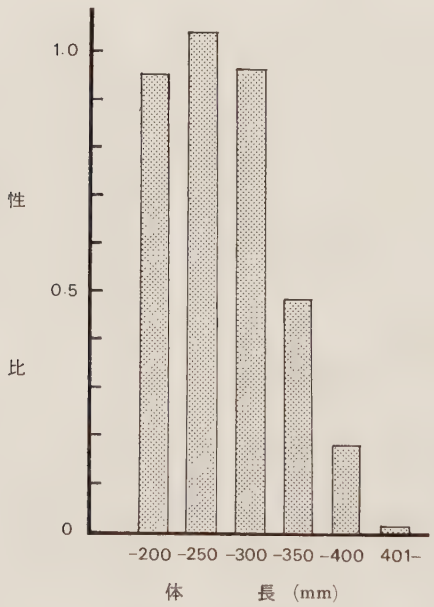


図17．体長と性比の変化

一方，体長301～350㎜，351～400㎜および401㎜以上の中・大型魚の性比は，それぞれ0.48，0.18，0.01であり，魚体が大きくなるにつれて雄の割合が急速に減少してくる．体長400㎜以上の雄は本調査期間中，2個体採集されたのみである．大型魚になるほど雄が少なくなることについては，他海域産においても事例が多い[3,6,8,17]．

表9．年齢別性比（♂/♀）

発生群＼年齢	1	2	3	4	5	6
春生まれ	0.68	0.58	0.34	0.21	0.00	0.00
夏生まれ	1.12	0.71	0.42	0.14	0.00	0.00
秋生まれ	1.47	1.13	0.61	0.39	0.17	0.00
平均	1.09	0.81	0.46	0.25	0.06	0.00

年齢査定に用いた試料により，発生群ごとに年齢別性比を求めると表9のようになる．

まず年齢群別に性比をみると，発生時期の早い群ほど雄の割合が低い傾向が認められる．さらに発生群をこみにした全体の性比では，雌雄の比が1：1を示すのは1歳群だけであり，2歳以上では年齢が増すにしたがい雄の割合が減少する．この傾向は3歳以後とくに著しく，5歳以上ではほぼ雌のみとなる．

これまでの知見からは，本種が成長過程で雄から雌への性転換を行うことは考え難く，本研究においても，性転換を示唆するような事例は認められなかった．

以上の年齢別性比の検討結果からみて，年齢が増すほど雄が減少していくのは，雄の生残りが悪いことによるものと考えられる．

要 約

1967年1月から1987年12月までの期間に採集した対馬近海産タチウオについて，耳石による年齢査定を行い，発生群別雌雄別に成長推定を行った．得られた結果の概要は次のとおりである．

1．輪紋は透明帯の内縁と規定した．輪紋は11～3月に形成されその盛期は1月頃であろうと考えられた．未成魚では発生期の早い群ほど輪形成も早い傾向がみられた．第1輪は発生後初めて迎える冬季に形成される．

2．対馬近海産タチウオの産卵期は4月中旬から11月

上旬まで長期に及んでおり，発生期の異なる三つの群が存在すると推定された．これらの発生群について，第1輪（r_1）が2.3㎜以上のものを春生まれ，1.7㎜以下のものを秋生まれ，1.7～2.3㎜の範囲のものを夏生まれとして，それら発生群を区分した．春生まれと夏生まれ，夏生まれと秋生まれの各群間における出現状況には，相反する関係が認められた．

3．体長と耳石径の関係は幼・稚魚期，未成魚期，成魚期の各発育段階で異なり，全体としては三つの回帰直線で表される．

4．耳石径と輪径の関係では，発生時期の早い群ほど輪径が大きい．

5．輪形成時の計算体長は，これに対応する1月の実測平均体長と近似しており，輪数の読みとりが妥当であったことを示した．

6．計算体長をWALFORDの定差図によって検討した結果，いずれの発生群でも輪紋形成には周期性が認められた．成長式は発生群別，雌雄別にBERTALANFFYの式によって示した．成長推定の結果，雌雄とも発生期の早い群ほど成長が良いこと，また2歳頃から雌の成長が良くなり，年齢が増すほど雄との成長差が大きくなることがわかった．

体長と体重の関係は次式で表される．

未成魚　$w=2.606\,l^{3.339}\cdot10^{-6}$

成　魚　$w=2.612\,l^{2.895}\cdot10^{-5}$

7．性比は体長200㎜，および300㎜を境にそれぞれ異なる季節変化をする．魚体の大きさと性比の関係は体長300㎜を境に異なり，雌雄比は300㎜以下で1：1，それ以上では大型魚になるほど雄の割合が減少する．年齢別の雌雄比が1：1を示すのは1歳魚のみで，2歳以降年齢を増すごとに雄が減少し5歳以上は雌のみとなる．雄は雌よりも生き残りが悪いと考えられる．

文　献

1) 三栖　寛　1959：東海・黄海産タチウオの研究．第2報　成熟と産卵について．西水研研報，(16)，21-32．

2) 小坂昌也・小椋将弘・白井秀機・前地道義　1967：駿河湾におけるタチウオの生態学的研究．東海大学紀要，海洋学部，(2)，131-146．

3) 山田梅芳　1971：東シナ海に生息するタチウオの生殖生態の変化．西水研研報，(41)，63-81．

4) 阪本俊雄　1975：紀伊水道におけるタチウオの生殖生態について．栽培技研，**4**(2)，9-20．

5) 鈴木　清・木村清志　1980：熊野灘におけるタチウオの資源生物学的研究．三重大水産研報，(7)，173-192．

6) 宗清正広・桑原昭彦　1984：若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵期と性比．日水誌，**50**(8)，1279-1284．

7) ――・――　1984：タチウオの産卵場，産卵習性，分布様式．日水誌，**50**(9)，1527-1533．

8) 日本海中部海域タチウオ共同研究チーム　1986：日本海中部海域におけるタチウオ資源の管理技術開発総合研究．地域性重要水産資源管理技術開発総合研究総合報告書，1-123．

9) 阪本俊雄　1976：紀伊水道産タチウオの年齢と成長．日水誌，**42**(1)，1-11．

10) 宗清正広・桑原昭彦　1988：若狭湾西部海域におけるタチウオの年齢と成長，日水誌，**54**(8)，1305-1313．

11) 花渕靖子　1987：対馬近海産タチウオの発生時期の年変化と水温の関係．昭和61年度漁業資源研究会議西日本底魚部会報，(15)，29-39．

12) 三栖　寛　1959：東海・黄洗産タチウオの研究．第1報　年齢と成長について．西水研研報，(15)，1-14．

13) 浜田律子　1971：タチウオの耳石の横断切片による年令と成長について．西水研研報，(14)，53-62．

14) 三尾真一　1969：日本海産ニギス（*Glossanodon semifasciatus* KISHINOUYE）の年令・成長および成熟．日水研報告，(21)，1-16．

15) 三栖　寛　1964：東シナ海・黄海産タチウオの漁業生物学的研究．西水研研報，(32)，1-57．

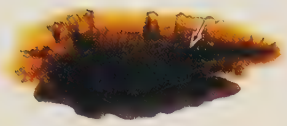
16) 宗清正廣・桑原昭彦　1983：はえなわ釣獲試験結果からみた産卵期におけるタチウオ群の特徴．日水誌，**49**(10)，1515-1521．

17) 林　凱夫　1978：大阪湾産タチウオの漁業生物学的研究．大阪水試研究（5），99-115．

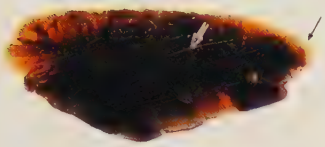
1輪 '87年9月 体長270mm♂
1輪 '87年8月 体長230mm♂
2輪 '81年5月 体長334mm♀
2輪 '85年5月 体長283mm♀
3輪 '85年5月 体長372mm♀
3輪 '84年6月 体長360mm♀
4輪 '85年5月 体長405mm♀
4輪 '83年5月 体長380mm♀
5輪 '75年4月 体長440mm♀
5輪 '81年7月 体長435mm♀

図版1. タチウオの耳石に形成された輪紋

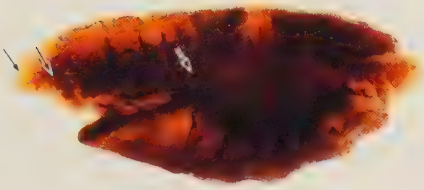
秋生まれ



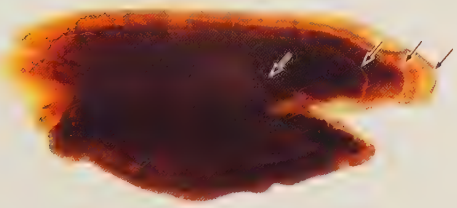
1輪　'87年8月　体長184mm♀



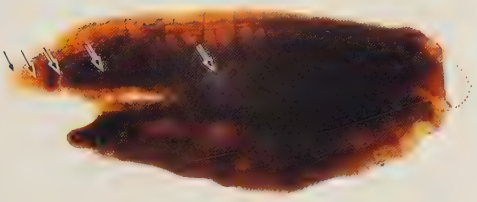
2輪　'83年6月　体長276mm♂



3輪　'83年5月　体長318mm♀



4輪　'84年6月　体長368mm♀



5輪　'75年6月　体長418mm♀

図版2．つづき

西水研研報　第67号，平成元年10月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 67 October 1989

ヤリイカの日齢と成長について

木　下　貴　裕*

Age and Growth of Loliginid Squid, *Heterololigo bleekeri***

Takahiro KINOSHITA*

ABSTRACT

Age and growth of loliginid squid, *Heterololigo bleekeri*, were examined based on growth ring counts of statoliths from 232 squids taken in the southwestern Japan Sea. Statoliths were embedded in synthetic resin and ground to count growth rings.

Assuming that the growth rings formed daily, length-at-age data obtained showed that: life span may be approximately one year; growth rates vary widely between individuals, especially in males; the average growth rate of male was higher than that of female in the latter half of life; and growth of the squid was expressed by the logistic curve. The growth equations were shown as follows, $ML=299/(1+e^{3.99-0.0194t})$ for male and $ML=213/(1+e^{4.70-0.0258t})$ for female, where ML is mantle length in mm and t is time in days.

緒　　言

日本海西南部の陸棚域は，ヤリイカ *Heterololigo bleekeri* の日本海における最大の漁場である．この海域のヤリイカは，主に2そうびき沖合底びき網漁業（以下，「沖底」と呼ぶ）によって漁獲され，1975年以降沖底による魚種別漁獲量では，ほとんど毎年第1位を占める最重要魚種となっている．近年，当海域における多くの底魚類の資源水準が低下している中で，ヤリイカに対する漁業の依存度は著しく高まっており，ヤリイカ資源を合理的に利用するための基礎となる成長や成熟等の生物学的知識の充実が強く求められている．

ヤリイカの成長については，これまでにも研究がなされており[1-4]，日本海西南海域のヤリイカでは，外套長（以下，「体長」と呼ぶ）組成の時期的な増大傾

平成元年7月20日受理（Recieved July 20, 1989）
西海区水産研究所業績第459号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 459）
*西海区水産研究所下関支所　〒750　下関市東大和町2-5-20（Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Shimonoseki Branch, Higashi-yamato-machi, Shimonoseki 750, Japan）
種名は次の文献によった．夏苅豊1984：ヤリイカ科のイカの分類・形態学的研究—IV　ヤリイカ科の2新属．*Venus, Jap. J. Malac.* **43.3, 229-239.

向から成長の推定が行われている[1,2]．一方，ケンサキイカ *Photololigo edulis* やカリフォルニアヤリイカ *Loligo opalescens* など数種のイカ類については，平衡石に形成される輪によって日齢査定が行われており[5-8]，当海域のヤリイカについても同様の方法によって日齢を査定し，さらに成長を推定することが可能であろうと考えられる．この研究では，日本海西南海域におけるヤリイカを対象として平衡石を用いて日齢査定を行い，その結果に基づいて成長を推定した．

本報告をとりまとめるにあたり，この研究の端緒を与えていただいた東北大学農学部水産学科大森迪夫博士，研究を進める上で多大の御支援を賜った花渕信夫前西海区水産研究所下関支所長，貴重な資料を提供していただいた島根県水産試験場海洋資源科の研究員各位並びに下関魚市株式会社の関係者各位に厚く御礼申し上げる．また，終始御指導と御鞭撻をいただいた長崎大学水産学部夏苅豊博士，本報告について有益な御助言を賜るとともに御校閲下さった西海区水産研究所下関支所竹下貢二支所長並びに田川勝底魚資源研究室長に心より御礼を申しあげる．

材 料 と 方 法

日齢査定には日本海西南海域で採集された標本を用いた．体長70㎜以下の幼期の標本は1983年及び1984年の西海区水産研究所調査船陽光丸によるトロール調査の漁獲物から採集し，また体長70㎜以上の標本は1983～1985年に沖底及び定置網による漁獲物から採集した(Fig. 1)．採集した標本については雌雄別に体長，体重及び体各部の測定を行った後，日齢査定に供した．

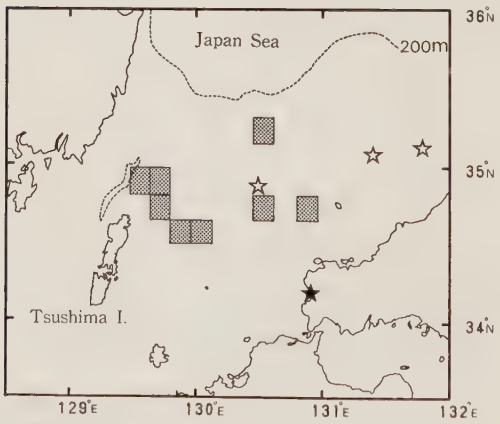


Fig. 1. 標本採集地点
Sampling areas in the southwestern Japan Sea.

日齢査定の方法は，基本的には NATSUKARI *et al.*[8] がヤリイカと近縁のケンサキイカ *Photololigo edulis* で行った方法と同じであり，その手順の概要は次の通りである．

生鮮もしくは凍結保存した標本を解凍した後，解剖して平衡胞を露出させる．平衡胞は漏斗基部付近の頭部のほぼ中央に左右一対密着して存在する．平衡石は平衡胞の前部内壁に付着しており，平衡胞の後部を切開することによって，容易に取り出すことができる．

取り出した平衡石は10% NaOH 溶液に10数時間浸漬し，付着物を除去した．その後，流水でよく水洗いし，エタノールで脱水した．このような前処理を行った平衡石を Fig. 2 に示した．前処理後の平衡石は，合成樹脂（丸本工業㈱試料埋込用樹脂 No. 105）に包埋し，耐水研磨紙で研磨して輪の観察や計数のための研磨標本を作成した．平衡石の表面の一部には，体との接着面（Fig. 2 に AA として示す）が存在し，こ

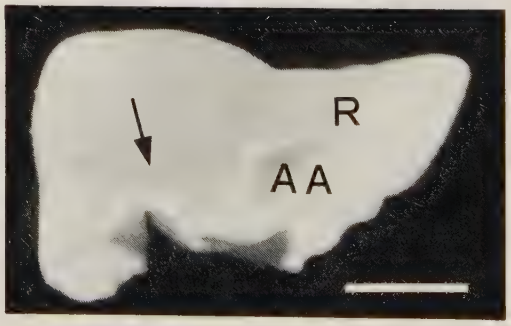


Fig. 2. 平衡石の全体像
External appearance of statolith in *H. bleekeri*: Male, 282㎜ in mantle length. AA, attachment area. R, rostrum. the arrow indicates the location of origin of statolith, scale bar=0.5㎜.

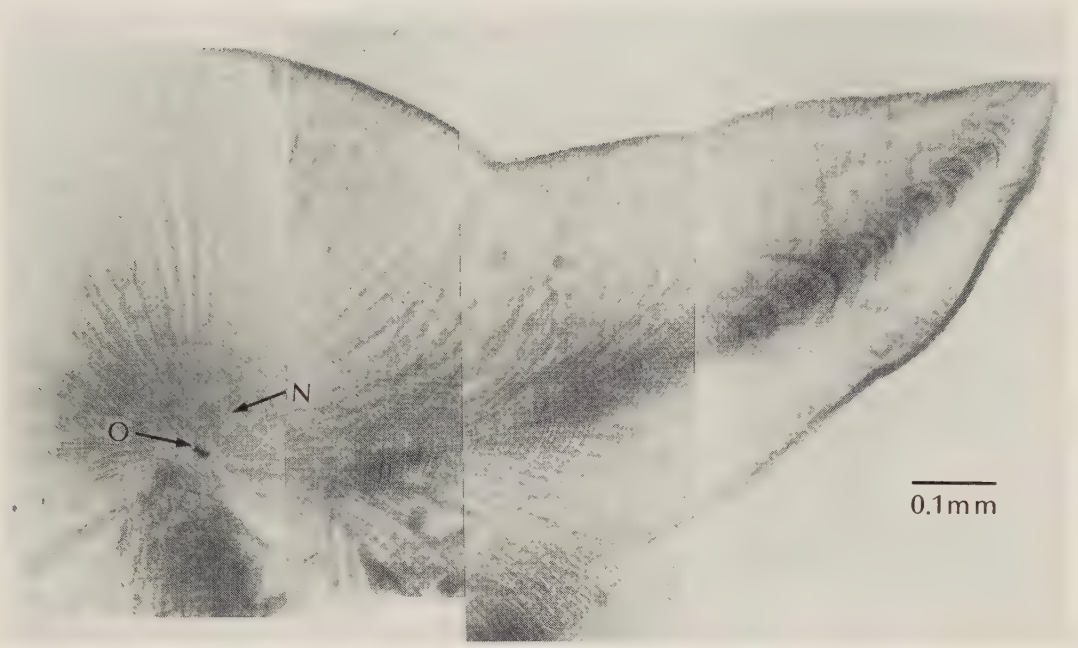


Fig. 3. 平衡石の研磨標本
Statolith of *H. bleekeri*: Female, 200㎜ in mantle length, prepared by grinding. Ring count, 236. O, origin of statolith, N, natal ring.

の部位の輪の観察ができない．この接着面下の輪についても観察や計測が可能となるよう，できるだけ平衡石の成長原点（以下，「焦点」と呼ぶ）近くまで研磨した．研磨した平衡石にはカバーグラスをかけ，カナダバルサムで封じて輪の観察や計数に供した．

光学顕微鏡を用いて，研磨標本を透過光下で観察すると（Fig. 3），焦点の付近に他の輪よりやや太く濃く見える輪が存在する．Natsukari *et al.*[8] の研究に基づいて，この輪を孵化輪と規定した．孵化輪の外方には細かい輪が同心円状に形成されており，それらの輪を日周輪とみなして計数を行った．輪の読み取りは輪の形成状況を全体的に観察しつつ行った．輪の計数軸としては焦点から吻部（Fig. 2 参照）先端に至る軸（最長軸）を採用した．計数は計数値の差が5％以下になるまで反復して行い，最後の2つの計数の平均を日齢とした．

一方，漁獲物の体長組成の推定には，1983年8月から1984年5月までの間，下関魚市場に水揚げされた沖底漁獲物の仕切書から集計したヤリイカの月別・銘柄別漁獲箱数と，水揚げされたヤリイカについて行った生物測定資料とを用いた．生物測定は月に1～2回行ったが，欠測の月や資料数の少ない月については，島根県水産試験場による測定資料によって補完した．

結　　果

日齢査定に先立って，同一個体のもつ左右の平衡石における，輪数の差の有無を調べるため，一部の供試標本について，左右の計数値の比較を行った（Table 1）．それによると左右の輪数の差は，左右の平均輪数に対して2.7％程度であり，左右間の差は極めて小さいと考えられた．この結果，日齢査定には左右の平衡石を区別せずに用いた．

日齢査定は，雄156個体，雌45個体，生殖腺が未熟

Table 1. 同一個体における左と右の平衡石の成長輪数の比較
Comparison of growth ring counts between left and right statolith of the same individual.

No.	LEFT	RIGHT	|L−R|	(L+R)/2	$\frac{\|L-R\|\times 100}{(L+R)/2}$
1	321	319.5	1.5	320.25	0.47
2	299.5	308.5	9.0	304.00	2.96
3	131	133	2.0	132.00	1.52
4	225	242	17.0	233.50	7.28
5	247	246	1.0	246.50	0.41
6	255	250.5	4.5	252.75	1.78
7	249	258	9.0	253.50	3.55
8	273	263	10.0	268.00	3.73
9	260.5	261.5	1.0	261.00	0.38
10	250	242.5	7.5	246.25	3.05
11	259	246.5	12.5	252.75	4.95
12	282	277	5.0	279.50	1.79
13	270.5	274	3.5	272.25	1.29
14	274	266.5	7.5	270.25	2.78
15	275.5	264.5	11.0	270.00	4.07
16	274	264	10.0	269.00	3.72
17	251	255.5	4.5	253.25	1.78
18	262	271	9.0	266.50	3.38
				Ave.	2.71

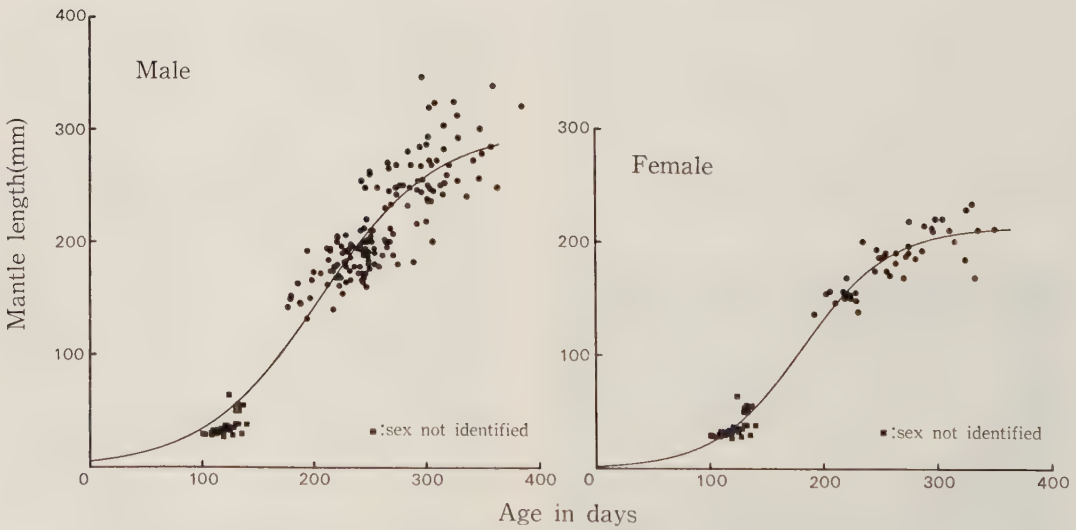


Fig. 4. 日齢から推定したヤリイカの成長曲線
Growth curves estimated from length-at age data in *H. breekeri*.

で雌雄不明のもの31個体，計232個体について行った．日齢査定結果は付表1に示した．それによると供試標本中の最高日齢は，雄では385日（1984年2月25日から3月1日の間に採集，体長320㎜，体重208ｇ），雌では351日（1985年4月10日採集，体長211㎜，体重95ｇ）であって，それらの生殖腺はいずれも完熟状態であっ

た．

この日齢査定結果に基づいて雌雄別に成長を推定した．成長式としてはロジスティック曲線を採用し，Gauss－Seidel 法による非線形最小二乗法によって，曲線の当てはめを行った結果（日本海区水産研究所赤嶺達郎が作成した BASIC プログラムを使用），次式が得られた．得られた成長曲線は Fig. 4 に示されている．

雄：$ML=299/(1+e^{3.99-0.0194t})$

雌：$ML=213/(1+e^{4.70-0.0258t})$

ただし，ML は体長（mm），t は日数

日齢査定や成長推定の結果によると，ヤリイカの生存期間（寿命）はほぼ一年で，生存期間の前半においては雌雄による成長差はほとんどないとみられる．しかし，生存期間後半における成長は雌雄によってかなり差があり，雌に比べて雄の方が成長がよい．成長式から求めた孵化後200日及び300日の体長は，雌ではそれぞれ131mm及び203mmであるのに対して，雄ではそれぞれ141mm及び258mmであって，孵化後300日での体長は雌雄間で55mmの差がみられた．一方，日齢と体長の関係（Fig. 4）にみられるように，雌雄いずれにおいても個体によって成長にはかなり大きな差が認められるが，特に雄では個体差が大きく，またその個体差は経過日数に伴って増大する傾向が認められた．

考　察

本研究は平衡石に形成される輪を日周輪と仮定して日齢査定を行った．これまでにも，この仮定の妥当性を裏付けるいくつかの知見が得られており，アカイカ科の *Illex illecebrous* については放射性物質のストロンチウムを使用し，またヤリイカ科の *Alloteuthis subulata* については抗生物質のテトラサイクリンを使用した飼育実験によって，平衡石の輪が日周輪であることが確認されている[9,10]．

既往の研究によると，ヤリイカは単年性であり，冬から春にかけて産卵のために沿岸域へ来遊するが，産卵後は斃死することが知られている[4]．一方，本研究における日齢査定の資料によると，1984年2月と1985年4月に沿岸の定置網によって漁獲された個体は，すべて生殖腺が完熟の状態にあり，雌の多くには交接痕が認められた．それらの個体の日齢組成をみると，(Fig. 5) ほとんどの個体が290日以上を経過したものであり，360日を超える個体は出現しなかった．既往の知見によると[11]卵が産卵されてから孵化するまでに要する日数は30～50日程度とみられている．仮にその日数を40日とすると，沿岸域へ来遊したそれらの個体は産出されてから330日から400日に，産卵に参加したこととなる．

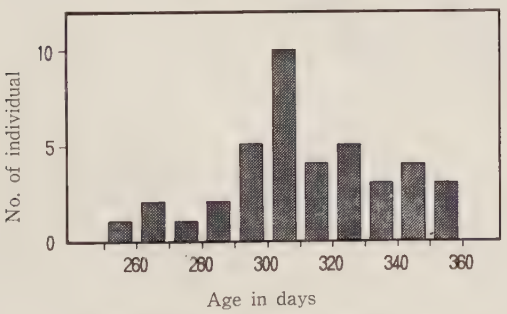


Fig. 5. 定置網で採集された個体の日齢組成
Age composition of *H. bleekeri* in coastal set net catches in Feb. 1984 and Apr. 1985. Samples were the matured and considered to be migrating spawners.

このように本研究における日齢査定の結果は，ヤリイカの寿命や沿岸域への来遊・産卵に関する既往の知見と一致することから，平衡石に形成される成長輪を日周輪とみなして行った日齢査定の結果は妥当なものであると考えた．

日齢査定に基づく成長推定結果と実際に漁獲されるヤリイカの体長組成との対応関係を Fig. 6 に示した．体長組成は1983年6月から1984年5月の間の調査船や沖底漁業による漁獲物について，雌雄別に推定した．また成長曲線については，既往の知見から[2,11] 4月中旬を発生盛期とし，4月15日を起点として示した．Fig. 6 に示されるように，雌雄とも最大体長は月を追って増大しているが，体長組成のモードの位置は，8月から12月の間ほとんど変化せず，推定した成長曲線とはかなりの差がみられる．しかし孵化後1年近くを経過したと思われる2月から3月にかけての平均的な体長は，雌では200～210mmであるのに対して，雄では

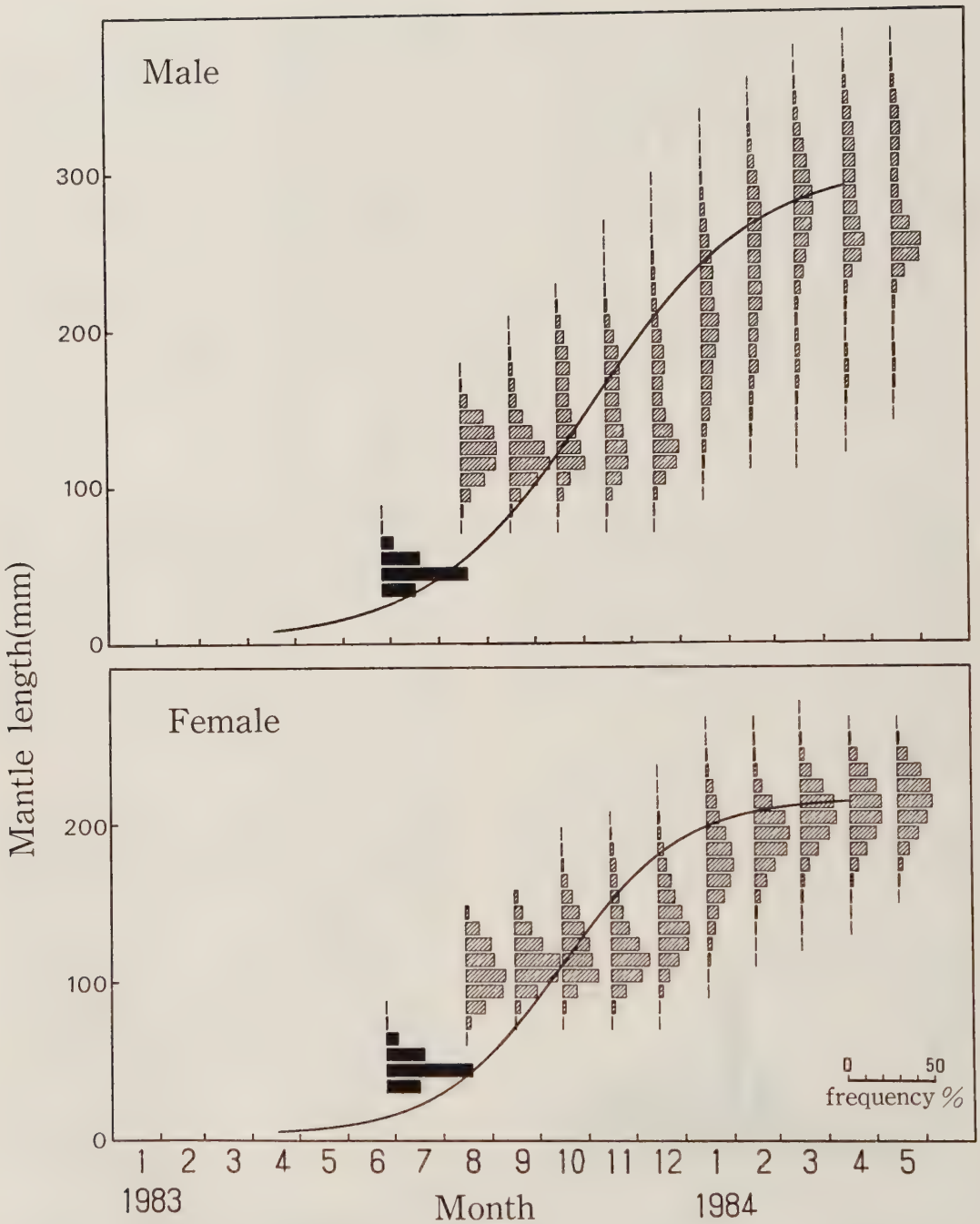


Fig. 6. 外套長組成の月別変化と日齢査定から求めた成長曲線
Monthly changes of length frequency distribution in catches from the southwestern Japan Sea. Growth curves were estimated based on statolith growth rings counts.
▨: catch by pair trawler.
■: catch by research vessel (sex not identified).

250～260㎜であって日齢査定による成長推定の結果に近い値を示した．8月から12月の間体長組成のモードの位置が，ほとんど変化しないことについては，ヤリイカの産卵期が2月から6月[2]と長期に及んでおり，発生時期を異にする群が相次いで漁場に来遊することによるものではないかと考えられる．したがって発生時期による成長差についても今後詳細な検討を行ってゆく必要があろう．

要　約

日本海西南海域で採集されたヤリイカの日齢査定を行い，成長について検討した．日齢査定は平衡石を用い，それに形成される成長輪を日周輪とみなして査定を行った．また日齢査定の結果に基づいて，成長を推定した．本種の成長式はロジスティック曲線で示された．日齢と体長との関係から，ヤリイカの生存期間（寿命）は約1年とみられ，生存期間後半における雄の成長は雌に比べて良いことが明らかとなった．ヤリイカの成長は，個体による差が大きく，特に雄における成長の個体差は大きい．

文　献

1) 田中伸和　1980：対馬周辺海域におけるヤリイカの成長について．第28回西海区水研ブロック底魚会議議事録，5－6，西海区水産研究所．

2) 北沢博夫　1986：日本海南西海域におけるヤリイカの漁業生物学的研究－Ⅰ．トロール採集物からみた成長と成熟について．島根水試研報，(4)，67－82．

3) H. Araya and M. Ishii　1974：Information on the fishery and the ecology of the squid, *Doryteuthis bleekeri* Keferstein, in the waters of hokkaido. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, (40), 1-3.

4) 松井　勇　1973：常磐海域におけるヤリイカの産卵期および成長．日水学会東北支部会報，(24)，7－12．

5) J. D. Spratt　1978：Age and growth of the market Squid, *Loligo opalescens* Berry, in Monterey Bay. *Calif. Fish Game Fish Bull.*, **169**, 35-44.

6) T. K. Kristensen　1980：Periodical growth rings in cephalopod statoliths. *Dana*, **1**, 39-51.

7) A. A. Rosenberg, K. F. Wiborg and I. M. Bech　1981：Growth of *Todarodes sagittatus* (Lamarck) (Cephalopoda, Ommastrephidae) from the northeast Atlantic, based on counts of statolith growth rings. *Sarsia* **66**, 53-57.

8) Y. Natsukari, T. Nakanose and K. Oda　1988：Age and growth of loliginid squid, *Photololigo edulis* (Hoyle, 1885). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **116**, 177-190.

9) G. V. Hurley, P. H. Odense, R. K. O'Dor and E. G. Dawe　1985：Strontium labelling for verifying daily growth increments in the statolith of the short-finned squid (*Illex illecebrosus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42**, 380-383.

10) M. Lipinski　1986：Methods for the validation of squid age from statoliths. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **66**, 505-526.

11) 浜部基次　1960：ヤリイカ *Loligo bleekeri* Keferstein の初期発生について．日水研研報，(6)，149－155．

付表 1. 平衡石によって査定したヤリイカの日齢

Suppl. table 1. Length-at-age data based on growth ring counts of statolith, in *H. bleekeri*.

* Date	Location, Lat. Long.	** SEX	Mantle length (mm)	Body weight (g)	Post hatch life in days
9/30～	34°35′	♂, I	196	130	225.0
10/3/83	130°05′	♂, I	206	149	229.0
〃	〃	♂, I	194	124	215.0
〃	〃	♂, I	210	145	253.0
〃	〃	♂, I	205	155	221.5
〃	〃	♂, I	194	123	254.0
〃	〃	♂, I	200	134	246.0
〃	〃	♂, I	194	121	239.0
〃	〃	♂, I	212	147	245.5
〃	〃	♂, I	194	140	212.0
〃	〃	♂, I	197	139	241.5
〃	〃	♂, I	198	122	233.5
〃	〃	♂, I	192	117	194.5
〃	〃	♂, I	192	107	215.0
〃	〃	♂, I	174	97	215.0
〃	〃	♂, I	188	115	244.5
〃	〃	♂, I	180	102	221.5
〃	〃	♂, I	172	100	240.0
〃	〃	♂, I	172	92	243.5
〃	〃	♂, I	183	101	229.0
〃	〃	♂, I	194	115	232.0
〃	〃	♂, I	184	110	213.5
〃	〃	♂, I	192	115	228.5
〃	〃	♂, I	173	98	200.0
〃	〃	♂, I	200	123	245.5
〃	〃	♂, I	200	130	221.0
〃	〃	♂, I	178	90	229.0
〃	〃	♂, I	168	86	220.0
〃	〃	♂, I	166	80	198.5
〃	〃	♂, I	174	92	217.5
〃	〃	♂, I	161	78	223.0
〃	〃	♂, I	168	87	222.0
〃	〃	♂, I	172	79	206.5
〃	〃	♂, I	178	98	218.5
〃	〃	♂, I	164	80	244.0
〃	〃	♂, I	168	84	224.5
〃	〃	♂, I	174	99	232.5
〃	〃	♂, I	162	88	212.5
〃	〃	♂, I	178	98	219.5
〃	〃	♂, I	150	62	179.5
〃	〃	♂, I	166	78	243.0
〃	〃	♂, I	152	70	180.0
〃	〃	♂, I	154	71	226.0
〃	〃	♂, I	163	84	186.0
〃	〃	♂, I	142	54	177.0
〃	〃	♂, I	150	65	197.0
〃	〃	♂, I	146	56	188.0
〃	〃	♂, I	145	57	188.5
〃	〃	♂, I	132	44	194.0
〃	〃	♂, I	149	66	179.5
〃	〃	♂, I	140	66	217.5
〃	〃	♀, I	168	81	221.0
〃	〃	♀, I	150	66	224.5
〃	〃	♀, I	153	67	219.0
〃	〃	♀, I	156	75	218.0
〃	〃	♀, I	155	70	229.0
〃	〃	♀, I	153	64	224.0
〃	〃	♀, I	156	71	206.5
〃	〃	♀, I	154	75	221.5
〃	〃	♀, I	150	65	219.5
〃	〃	♀, I	154	67	203.0
〃	〃	♀, I	148	63	229.5
〃	〃	♀, I	136	51	192.5
〃	〃	♀, I	146	56	211.0
〃	〃	♀, I	138	54	231.0
10/14～	34°45′	♂, I	191	108	230.5
16/83	130°35′				
11/16/83	35°15′	♂, I	200	134	252.0
〃	130°35′	♂, I	200	120	264.5
〃	〃	♂, I	180	100	275.0
〃	〃	♂, I	200	118	248.0
〃	〃	♂, I	178	87	241.5
〃	〃	♂, I	168	90	245.0
〃	〃	♂, I	195	121	265.5
〃	〃	♂, I	191	113	247.0
〃	〃	♂, I	180	98	254.5
〃	〃	♂, M	186	100	233.0
〃	〃	♂, I	202	130	263.5
〃	〃	♂, I	212	115	268.5
〃	〃	♂, M	196	121	235.0
〃	〃	♂, I	190	110	254.5
〃	〃	♂, M	210	134	242.0
〃	〃	♂, I	205	140	251.0
〃	〃	♂, M	180	100	249.0
〃	〃	♂, M	202	130	249.0
〃	〃	♂, I	160	70	247.0
〃	〃	♂, I	176	85	250.0
〃	〃	♂, I	178	82	236.5
〃	〃	♂, I	164	78	229.0
〃	〃	♀, I	170	92	259.0
〃	〃	♀, I	174	85	246.0
12/19～	34°55′	♂, M	244	180	296.5
23/83	129°15′	♂, M	252	193	317.0
〃	〃	♂, M	236	165	302.0

付表 1. (つづき)
Suppl. table 1. (Continued)

Date	Location, Lat. Long.	SEX	Mantle length (mm)	Body weight (g)	Post hatch life in days
〃	〃	♂, M	260	232	250.5
〃	〃	♂, M	250	206	302.0
〃	〃	♂, M	272	264	303.5
〃	〃	♂, I	248	205	257.0
〃	〃	♂, M	230	155	264.0
〃	〃	♂, M	246	172	292.5
〃	〃	♂, M	220	166	247.5
〃	〃	♂, M	207	132	271.0
〃	〃	♂, M	245	191	267.5
〃	〃	♂, I	216	197	292.0
〃	〃	♂, I	183	116	249.0
〃	〃	♂, I	172	102	246.5
〃	〃	♂, I	191	112	249.0
〃	〃	♂, I	182	88	289.0
〃	〃	♂, I	182	105	227.5
〃	〃	♂, I	170	97	222.5
〃	〃	♂, I	202	114	248.5
〃	〃	♂, I	166	81	233.0
〃	〃	♂, I	190	114	226.0
〃	〃	♂, I	204	121	221.5
〃	〃	♂, I	187	93	248.5
〃	〃	♂, I	188	105	271.0
〃	〃	♂, M	248	215	363.5
〃	〃	♂, M	248	200	273.5
〃	〃	♂, M	236	179	305.0
〃	〃	♂, M	247	201	304.0
〃	〃	♂, M	232	176	284.0
〃	〃	♂, M	254	242	293.5
〃	〃	♂, M	268	243	287.0
〃	〃	♀, M	196	125	275.5
〃	〃	♀, M	200	122	235.5
〃	〃	♀, M	193	117	247.5
〃	〃	♀, M	174	89	256.0
〃	〃	♀, M	168	81	271.0
〃	〃	♀, M	186	98	249.5
1/20～	34°35′	♂, M	250	180	313.5
25/84	129°55′	♂, M	268	210	274.0
〃	〃	♂, M	250	187	280.0
〃	〃	♂, M	254	200	243.0
2/22/84	34°12′	♂, M	256	112	347.5
〃	130°55′	♂, M	312	178	328.5
〃	〃	♂, M	268	152	321.0
〃	〃	♂, M	284	154	295.0
〃	〃	♂, M	282	176	316.5
〃	〃	♂, M	272	161	342.5
〃	〃	♂, M	300	186	348.5
〃	〃	♂, M	324	235	325.5
〃	〃	♂, M	284	157	358.0
〃	〃	♂, M	278	166	350.0
〃	〃	♂, M	323	262	308.5
〃	〃	♂, M	245	114	307.0
〃	〃	♂, M	233	120	269.0
〃	〃	♂, M	338	265	360.0
〃	〃	♂, M	272	135	310.0
〃	〃	♂, M	259	132	319.0
〃	〃	♂, M	262	139	250.5
〃	〃	♂, M	292	202	329.0
〃	〃	♂, M	200	79	306.0
〃	〃	♂, M	255	135	297.5
〃	〃	♂, M	218	92	300.5
〃	〃	♂, M	346	264	297.0
〃	〃	♂, M	240	108	336.5
〃	〃	♂, M	238	116	301.5
〃	〃	♂, M	248	121	286.0
〃	〃	♂, M	254	121	328.5
〃	〃	♀, M	220	104	299.5
2/25～	34°35′	♂, M	320	208	385.5
3/1/84	129°55′				
3/18～	34°45′	♂, M	242	154	315.5
21/84	130°55′	♀, M	220	126	299.0
〃	〃	♀, M	228	120	326.5
〃	〃	♀, M	209	101	297.0
〃	〃	♀, M	210	103	336.5
〃	〃	♀, M	192	83	287.5
〃	〃	♀, M	200	90	316.0
〃	〃	♀, M	184	73	325.0
〃	〃	♀, M	185	73	281.5
1/12～	34°55′	♂, M	248	218	246.5
17/85	129°35′	♂, M	250	218	277.0
〃	〃	♂, M	280	240	284.5
〃	〃	♂, M	242	187	274.0
〃	〃	♂, M	286	206	301.0
〃	〃	♂, M	270	233	266.5
〃	〃	♂, M	267	197	296.0
〃	〃	♂, M	210	114	251.0
〃	〃	♂, I	188	103	261.5
〃	〃	♂, I	193	102	242.5
〃	〃	♂, I	178	84	258.5
〃	〃	♂, I	194	105	246.5
〃	〃	♂, M	200	121	268.0
〃	〃	♀, M	187	103	273.0
〃	〃	♀, M	190	105	255.5
〃	〃	♀, M	181	97	264.0
〃	〃	♀, M	190	110	264.5

付表 1. (つづき)
Suppl. table 1. (Continued)

Date	Location. Lat. Long.	SEX	Mantle length (mm)	Body weight (g)	Post hatch life in days
〃	〃	♀, M	187	105	253.0
〃	〃	♀, M	190	94	275.5
4/10/85	34°12′	♂, M	268	110	305.5
〃	130°55′	♂, M	265	123	267.5
〃	〃	♂, M	303	176	316.5
〃	〃	♂, M	293	180	302.5
〃	〃	♂, M	319	195	303.5
〃	〃	♀, M	211	95	351.0
〃	〃	♀, M	210	82	311.5
〃	〃	♀, M	212	83	296.0
〃	〃	♀, M	218	103	276.0
〃	〃	♀, M	220	94	305.5
〃	〃	♀, M	233	78	331.5
〃	〃	♀, M	168	46	333.5
〃	〃	♀, M	214	67	289.5
6/25/83	34°53′	?, I	50.2	2.76	133.0
〃	130°34′	?, I	64.1	6.10	124.0
〃	〃	?, I	55.2	3.79	137.0
〃	〃	?, I	50.0	2.86	130.0
〃	〃	?, I	53.9	3.86	130.5
〃	〃	?, I	55.8	4.17	132.0
6/24/84	34°10′	?, I	38.3	1.57	140.0
〃	131°52′	?, I	38.7	1.43	130.0
〃	〃	?, I	32.9	0.99	113.5
〃	〃	?, I	29.7	0.88	112.5
〃	〃	?, I	30.7	0.84	116.0
〃	〃	?, I	29.8	0.97	135.5
〃	〃	?, I	32.9	1.29	125.0
〃	〃	?, I	28.9	0.78	102.5
〃	〃	?, I	29.6	0.79	109.5
〃	〃	?, I	28.6	0.94	108.5
〃	〃	?, I	29.6	0.99	108.5
〃	〃	?, I	34.9	1.22	122.0
〃	〃	?, I	32.4	1.22	119.5
6/25/84	35°07′	?, I	37.0	1.31	120.5
〃	131°28′	?, I	34.0	1.17	117.0
〃	〃	?, I	35.2	1.51	128.5
〃	〃	?, I	28.5	0.88	127.5
〃	〃	?, I	34.7	1.41	122.0
〃	〃	?, I	30.5	1.17	108.0
〃	〃	?, I	35.6	1.62	124.0
〃	〃	?, I	29.6	0.74	100.5
〃	〃	?, I	32.7	1.08	109.5
〃	〃	?, I	38.4	1.35	132.5
〃	〃	?, I	36.9	1.24	122.5
〃	〃	?, I	27.0	0.57	119.0

* Data of 2/22/84 and 4/10/85 are from set net catches, data of 6/25/83, 6/24/84 and 6/25/84 are from research vessel catches, and the other data are from pair trawl catches.

** M, mature. I, immature.

非　売　品

平成元年10月25日　印刷
平成元年10月30日　発行

水産庁西海区水産研究所
〒850　長崎市国分町49

印刷人　松　尾　隆一郎
印刷所　株式会社　隆　文　社
佐世保市瀬戸越3―4―7
電話（0956）㊾ 3306

504

CONTENTS

(In Japanese with English abstract)

Yasuhiro MORIOKA, Junko NAKASHIMA and Katsunori KIMOTO
Quantitative Sampling Method for the Whole Water Column Zooplankton by Vertical Hauling in the Shallow Waters 1

Junko NAKASHIMA and Katsunori KIMOTO
Size Fractionation of Fresh Microzooplankton by Sieveing with Various Mesh Sizes 7

Masanobu MATSUOKA and Takumi MITANI
Hatching and Rearing Experiments on Eggs of Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus*, Collected from Adjoining Area of the Nagasaki Harbor (Preliminary Study) 15

Masanobu MATSUOKA, Nobuhiko TANIGUCHI, Hitoshi FUJITA, Tadahiro KITAJIMA and Muneharu TOKIMURA
Comparative Studies on Two Types of Frog Flounder, *Pleuronichthys cornutus*, in the East China Sea and the Yellow Sea - I.
Distributional, Morphological and Genetic Differences 23

Seiko HANABUCHI
Age and Growth of Cutlassfish, *Trichiurus lepturus*, in the Tsushima Waters 37

Takahiro KINOSHITA
Age and Growth of Loliginid Squid, *Heterololigo bleekeri* 59

SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY
49 KOKUBU-MACHI, NAGASAKI 850
JAPAN